



Strategi för att skapa en världsledande teknikregion i Norrbotten för klimatsmarta effektiva datacenter



Länsstyrelsen
Norrbotten

Titel Strategi för att skapa en världsledande teknikregion i Norrbotten för klimatsmarta effektiva datacenter. Länsstyrelsen Norrbotten.

Författare: Beställning av enheten för tillväxt och infrastruktur. Tor Björn Minde, Centek AB

Kontaktperson: Per-Erik Andersson och Carola Medelid, Länsstyrelsen i Norrbottens län,
971 86 Luleå.
Telefon: 010-225 50 00 fax: 0920-22 84 11,
E-post: norrbotten@lansstyrelsen.se
Internet: www.lansstyrelsen.se/norrbotten

Förord

Norrbottnens län ska bli en världsledande region för klimat-smarta effektiva datacenter. Länet har unika konkurrensfördelar så som kallt klimat, stabil energiförsörjning i form av förnybar energi, kompetens och innovativa affärsmiljöer. Det finns redan etablerade datacenterverksamheter i länet som ger ett försprång och stärker förtroendet för nya etableringar. Syftet med strategin är att genom strategisk samverkan nå visionen om minst 20 nya etableringar av stora datacenter och samtidigt öka kunskapen om en helt ny industri. Sammantaget stärker det utvecklingsförutsättningarna i hela länet.

Länsstyrelsen, landstinget och Luleå tekniska universitet (LTU) har tillsammans finansierat arbetet med att formulera en gemensam strategi. Uppdraget har genomförts av Centek vid LTU.

Strategin har presenterats för Regionala partnerskapet och godkänts av partnerskapets Tillväxtutskott som består av representanter för Länsstyrelsen, Landstinget, Kommunförbundet, LTU och Arbetsförmedlingen den 20 mars 2014. Projektet har även hanterats inom ramen för samverkansprojektet ”Regional förnyelse” mellan LTU och Länsstyrelsen.

Projektledare: Tor Björn Minde, Centek.

Styrgrupp: Gry Holmgren, Centek, Tomas Nilsson, LTU Holding, Birgitta Bergvall-Kåreborn, LTU, Johan Antti, Länsstyrelsen, Katarina Rönnbäck, Länsstyrelsen, Matz Engman, LNAB. Utöver dessa har ett stort antal personer medverkat se sidorna 31-32.

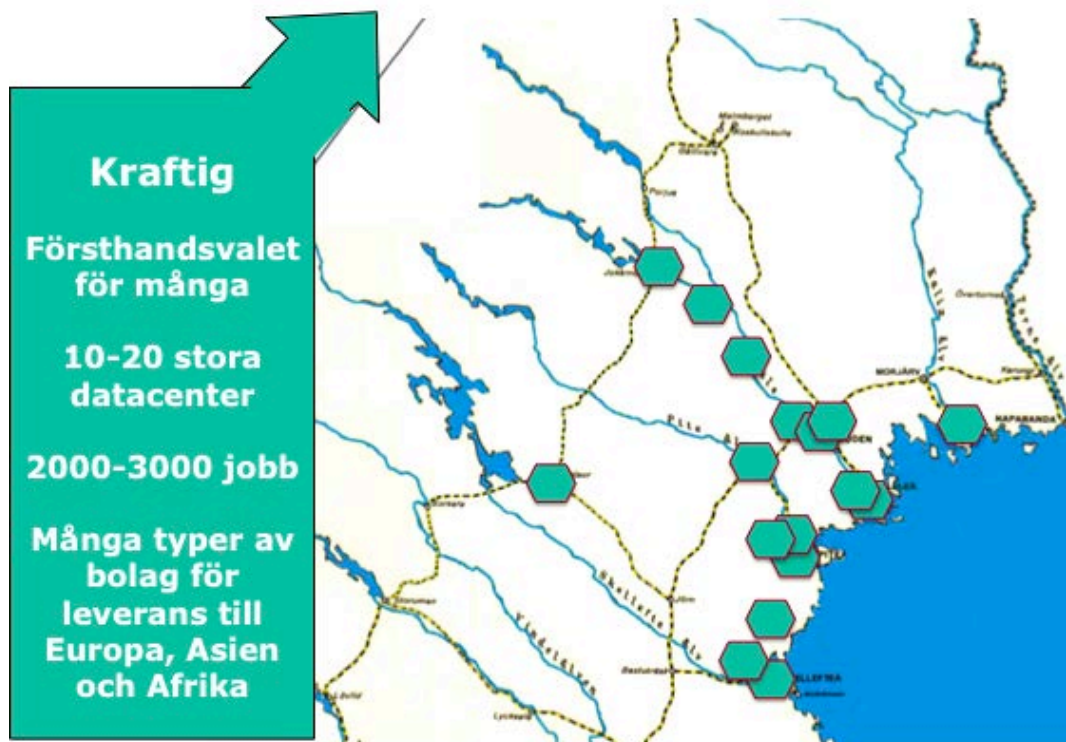
Denna strategi är en del av den övergripande regionala utvecklingsstrategin för hållbar framtid i Norrbotten 2020 (RUS) och den Regionala digitala agendan för Norrbotten där målsättningen är att *Sverige ska vara bäst i världen på att använda digitaliseringens möjligheter.*

Luleå 28 mars 2014



Sven-Erik Österberg
Landshövding i Norrbottens län

Vision Kraftig tillväxt



Effektivt – Hållbart – Riskfritt - Innovativt

Innehållsförteckning

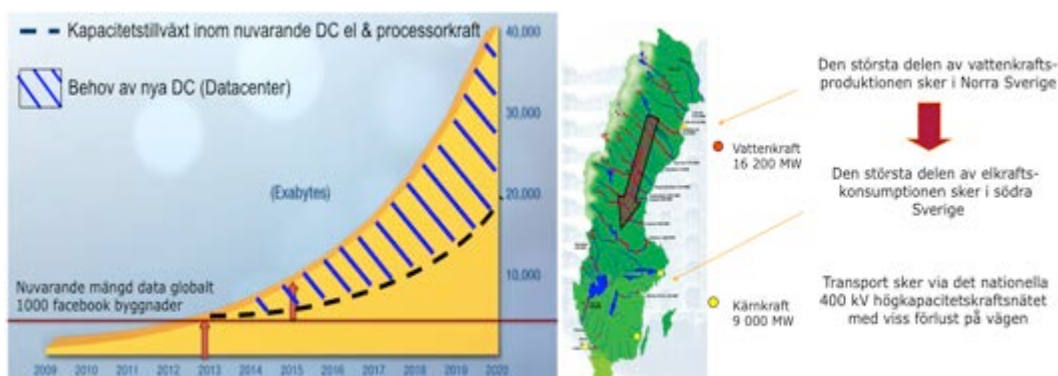
Innehållsförteckning	3
Sammanfattning	4
Metod för strategiarbetet	7
Industristruktur digital produktion	8
Behovet av en digital produktionsindustri (datacenters)	9
Avvändningen av applikationer	10
Ekonomiska effekter	12
Finns det något val?	13
Luleå-regionens förutsättningar	14
Energiproduktion och energikonsumtion	16
Datacenteroperatörer och värdekedjor	18
Datacenterteknologier och forskningsutmaningar	20
Framtidsscenario	23
Strategi – det vinnande konceptet	27
Strategiaktiviteter	29
Slutord	30
Referenser	31

Sammanfattning

Denna rapport innehåller bakgrunden, de viktigaste förutsättningarna och en strategi med aktiviteter för att lyckas uppnå en **målvision** på en **kraftig tillväxt av datacenter och kringetableringar** i hela Sverige med fokus på norra Sverige (Norrbotten plus Skellefteå).

Etableringarna av Facebook i Luleå och KnCMiner i Boden är indikationer på en möjlig ny industristruktur för digital produktion i norra Sverige. Det är fråga om en **ny industriepok** där norra Sverige kan göra skillnad med sina unika förutsättningar. Man kan kalla det pappersminskar-samhället, där exempelvis information används digitalt och energi-användningen flyttar från pappersmassaindustrin till den digitala produktionsindustrin. För att lyckas etablera den stort i norra Sverige behövs dock kraftiga insatser från alla parter.

Enligt flera rapportörer växer datamängden i världen exponentiellt. Om en extrapolation görs av observerat data och hänsyn tas till teknikutvecklingen med avseende på energianvändning, så växer datacenterbranschen med det dubbla fram till år 2020. En grov uppskattning är att **ca 200 nya** megadatencenter (>5 MW) behöver byggas i Europa under perioden 2014-2020; se nedan.



Figur 1: Datatillväxt globalt och elkraftssituationen i Sverige

Status idag är att ca 1 procent av Europas megadatencenter finns i Sverige. Med de förutsättningar som finns, exempelvis i form av elkraftstillgångar, se figuren ovan, skulle det kunna vara 25 %. Med andra ord, 50 st. av de nya megadatencenter plus många mindre datacenter skulle kunna byggas i Sverige varav minst 25 st. av de stora i norra Sverige.

Vid etablering av nya megadatencenter gör de stora bolagen utvärderingar av olika regioner. Ett etablerat index för regioners lämplighet för datacenter är det så kallade Data Center Risk Index. Indexet utgörs av ett antal underliggande faktorer som energikostnad, stabilitet, hållbarhet, affärsmiljö, intellektuellt kapital osv.

Indexet utgör ett bra verktyg för att analysera åtgärder. Sverige och framförallt norra regionen har **tillgångar och förutsättningar** som är **unika** och som skapar en affärsmöjlighet och ett tidsfönster just nu för näringslivsutveckling.

De unika förutsättningarna i norra Sverige är tillgången till en stor mängd förnyelsebar energi i form av ren vatten- och vindkraft. Nätet är unikt i sin stabilitet byggd för affärskritisk gruv-, stål- och pappersmassaindustri. Klimatet är kallt, vilket ger stora energi- och miljöbesparingar vid kylning av dataservrar. Affärsmiljön är unik med vana från affärskritiska industrier. Till detta kommer ett stabilt politiskt och miljömässigt klimat.



Stad	Frankfurt	Stockholm	Luleå
Medeltemp	10°C	6°C	2°C
Luftflöde (kg/ s)	350	320	285
Effektivitet (PUE)	1.4-1.5	1.2-1.3	1.1
Energipris (€/ MWh)	120	80	65
Kostnad (M€/ a)	30	17	12
Ton CO2 årligen	80k	3,5k	0
Infrastruktur säkerhet	Medium-Hög	Hög	Extremt hög

Figur 2: Unika förutsättningar i Sverige och speciellt i norra Sverige

Visionen för regionen i norra Sverige är att kunna åstadkomma en **kraftig tillväxt** på uppåt 20 stora datacenter fram till 2020. Detta skulle generera upp mot **3000 nya jobb** i form av byggarbeten, drift och underhåll av datacenter, service, teknikutveckling och kringeffekter och investeringar på minst 5 miljarder kronor per år. Ackumulerat landar 30 miljarder kronor lokalt.



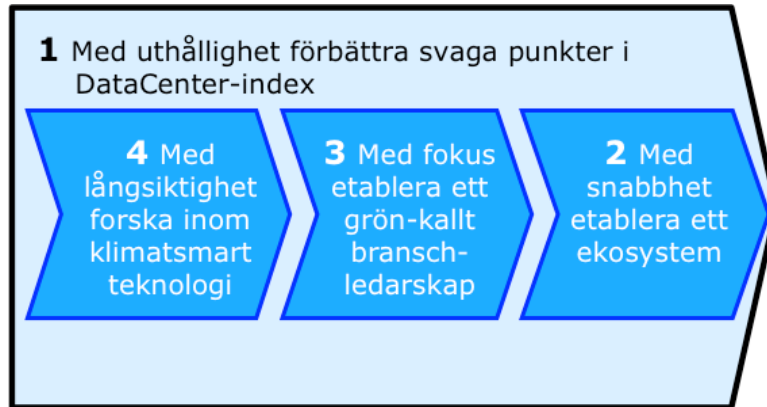
Figur 3: Norra Sveriges vision för en ny industriera

De största osäkerheterna om framtiden för en kraftig datacenterbransch i norra Sverige är energipriset, hållbarhetsfrågans inverkan på lokaliseringen, fördröjningen till datacenter i norr, klimatets inverkan på kylningen samt datasäkerheten.

Missionen är att skapa världens ledande region inom klimat-smarta (gröna och kyliga) datacenterteknologier. Visionen är extremt hållbara energieffektiva datacenter för framtidens zettabyte-era.

Strategins fyra huvuddelar är:

1. **Det regionala ledarskapet**
2. **Affärsmiljön**
3. **Branschutvecklingen**
4. **Kompetenstillgången**



Figur 4: Vinnande koncept för strategin

Med de unika förutsättningarna och ett gynnsamt utfall för osäkerheterna, exempelvis energiskatten, kan denna strategi möjliggöra en ny industriera med kraftig tillväxt i norra Sverige på ett långsiktigt hållbart sätt. Om energiskatten, den största yttre faktorn, i Sverige är konkurrensneutral eller lägre än konkurrerande regioner finns det en möjlighet att med kraftiga insatser, enligt strategin, skapa en ny industriepok i norra Sverige.

Metod för strategiarbete

- Strategiarbetet har följt Willie Petersens metod ”Strategic learning” [1]
- Slutresultatet innehåller en lista på prioriterade aktiviteter

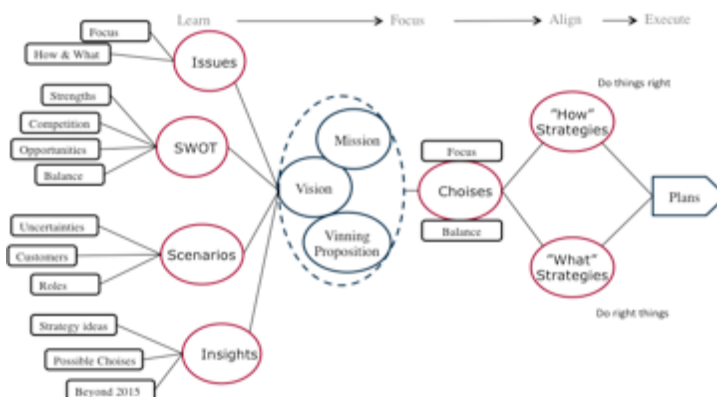
Strategimetoden, se bild nedan, är en cyklisk process, men för detta arbete följdes cykeln bara en trekvarts varv, från ax till deg. Ugnsbakningen, d.v.s. implementeringen i organisation, och uppföljningen ligger utanför detta strategiarbete.



Figur 5: ”Strategic learning” av Willie Petersen

Metoden börjar med strategiskt lärande, se nedan. Först genomförs en situationsanalys. Sedan skapas en strategi med vision, mission och ”Winning proposition”, dvs. ett vinnande koncept. Sist kommer framtagandet av ett fokus och en balansering av strategin, samt hur strategin skall implementeras i organisationer och program i form av en ”vad” och en ”hur” strategi.

Planering av detaljimplementeringen i organisationer och uppföljning av detta ligger som sagt utanför. Slutresultatet av detta strategiarbete innehåller en övergripande lista över sorterade och prioriterade aktiviteter med möjligt innehåll.



Figur 6: Strategiprocess

Steg i lärandedelen är analys av datacenterindustrins teknik och utmaningar, inhämtande av kunskap om denna framväxande industri från främst USA, utvärdering av regionens förutsättningar, styrkor och svagheter och framtagning av mest prioriterade frågeställningar samt möjliga framtidsscenario

Industristruktur digital produktion

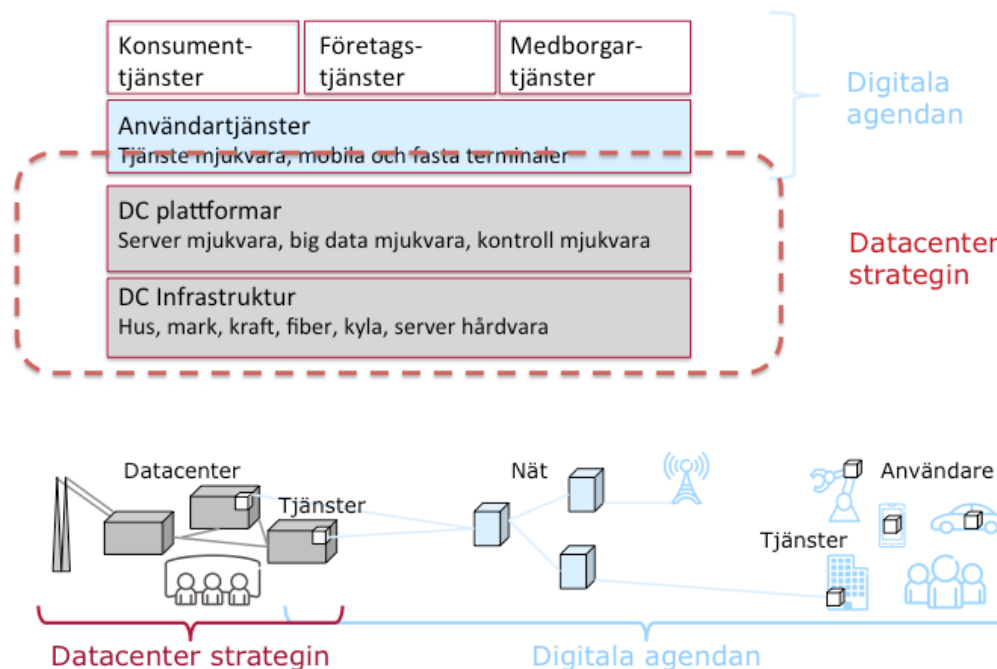
- Strategin handlar om industriutveckling
- Strategin tar inte upp de tjänster som möjliggörs av denna teknik.

Den digitala produktionen inkluderar datainsamling, datalagring och dataanalys, så kallad "big data", datorkommunikation, databehandling och produktion av tjänsteinnehåll och datasäkerhet. För att göra detta effektivt utförs denna produktion i stora datahallar med tusentals servrar för lagring, kommunikation och behandling. Detta är det så kallade molnet.

Datacenterindustrin optimerar mjukvara och hårdvara för IKT samt stödjande teknik som fiber, byggnader, energi, kylning osv för att använda så lite energi som möjligt och för att uppnå högsta möjliga kvalitet.

Strategin behandlar ovanstående teknikinnehåll och dess industri, se bild nedan. Strategin handlar om industriutveckling och hur regionen skall utveckla både förutsättningar för etablering av bolag med stora datacenter och bolag som stödjer dessa datacenterbolag med produkter och tjänster liksom förutsättningar för skapandet av ny forskning, nya innovationer och nya affärsmöjligheter för existerande bolag samt nya bolag.

Strategin behandlar inte de tjänster som möjliggörs av denna teknik. Konsumenttjänsterna från företagen ex Facebook, interna företagstjänster inom LKAB eller medborgartjänster från kommunerna kommer inte att beröras. Inte heller den infrastruktur som behövs för att leverera dessa tjänster från datacentrens "points-of-presence" till slutanvändare såsom mobila nätverk, hemmafiber, telefoner, surfplattor, personliga datorer. Detta tillhör den "Digitala agendan" [2] och handlar om samhällsutveckling.



Figur 7: Omfattning av strategin

Behovet av en digital produktionsindustri (datacenters)

- Vi är mitt i ett paradigmskifte som kan kallas pappersminskarsamhället
- Behovet är en fördubblad datacenterkapacitet globalt
- En ny industriera kan möjliggöras i regionen

Datalagringskapaciteten ökar exponentiellt i världen rapporterar en mängd analytiker [3,4], se bild nedan till vänster. Det pågår en digital (IKT) transformation i samhället och i befintlig industri som är grunden till denna utveckling. Exempelvis flyttar läsandet av nyheter och information från tidningar och böcker till nätet. Tillväxten är svindlande och ställer nya och högre krav.



Figur 8: Datatillväxt och processortillväxt. Källor: IDC och Intel

Samtidigt pågår en teknikutveckling inom processorindustrin, se bild ovan till höger. Processorkapaciteten ökar mer än 10 ggr på 5 år och energiförbrukningen halveras under samma tid rapporterar Intel [5]. Ändå växer behovet av antalet processorer. Arbetet har konstaterat att trots processor-utvecklingen saknas kapacitet i världens datacenter.

Det finns ett behov av ca 2 ggr tillväxt av kapaciteten till år 2020 förutsatt att extrapolationerna av observerat data håller [3,6]. Detta betyder att ca 200 st. nya megadatacenter (>5MW) behöver byggas i Europa [7] under denna period. Se mer diskussion senare.

Behovet av lokaliseringsplatser med god tillgång på energi ökar och det finns tydliga möjligheter för regionen att agera på detta paradigmskifte. Energianvändningen i pappersindustrin går ner och ger utrymme för datacenterindustrin. Paradigmskiftet betyder att vi är i pappersminskarsamhället.



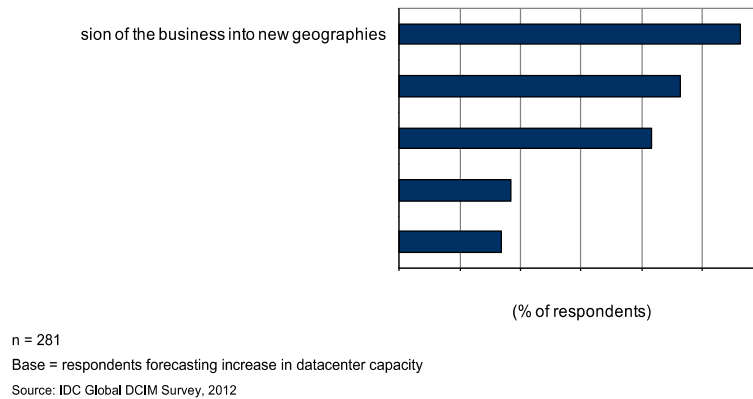
Figur 9: Paradigmskifte från papper till data

Avvändningen av applikationer

- Tillväxten beror på ökad användning av IKT
- Trenden är att stora datacenter placeras nära energiproduktionen
- Fördröjningen är ett mindre problem än många tror
- Big data är en stor möjlighet för nya och bättre applikationer

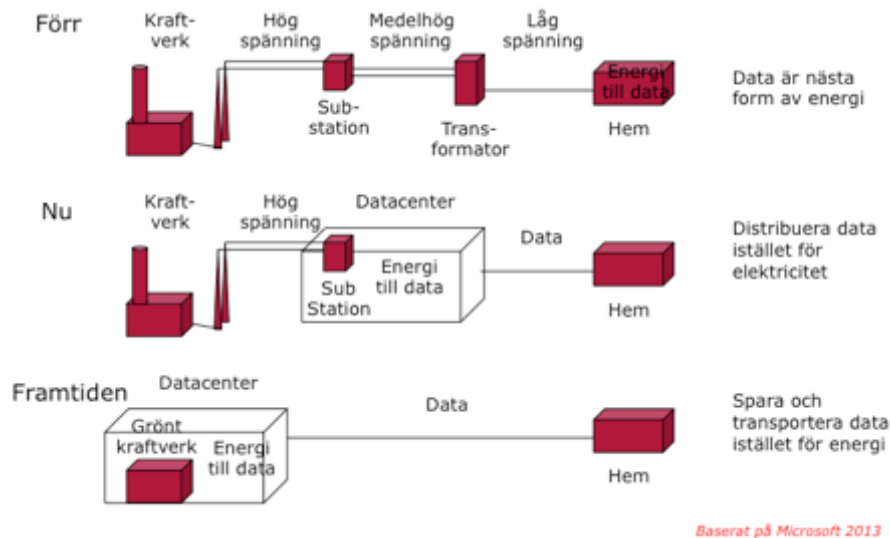
Anledningen till tillväxten är att bolagen med dessa stora datacenter behöver etablera sig på nya geografiska platser för att betjäna nya kunder, säkra upp sig mot katastrofer, expandera bortom nuvarande processorkapacitet och energikapacitet och öka driften p.g.a. investeringar i nya innovativa tjänster, se bild nedan.

Factors Driving Increase in Datacenter Capacity



Figur 10: Faktorer som är orsak till datacentertillväxten. Källa IDC 2012

En intressant vision kommer från Microsoft, se bild nedan. Förr distribuerade vi energi till hem och kontor via högspänningsledningar med förluster. I datorer omvandlade vi energin till data. Nu distribuerar vi energi till ett datacenter där vi omvandlar energi till data. Datat distribuerar vi mer effektivt till hem och kontor. I framtiden samlokaliserar vi energikällorna med datacentren. Vi placerar datacentren där energin produceras eller så placerar vi energikällor i datacentren, exempelvis bioenergianläggningar. Så sparar vi och transporterar data istället för energi. Detta talar för att det mest samhällseffektiva är att lägga datacenter i norr, om vi dessutom kan återanvända värmen.



Figur 11: Vision om framtiden

Nästa fråga som uppkommer är fördröjningen av datatransporten. Om datacentren ligger på avstånd från användarna så kan upplevelsen av användningen påverkas; exempelvis kan det ta tid att ladda en webbsida eller att överföra information. Lösningar finns på detta problem i form av så kallade cachar eller CDN-system. Där sparas tillfälligt de mest använda sidorna eller senaste informationen i mindre serveranläggningar nära användarna, t.ex. i storstäderna. Detta förbättrar användarupplevelsen.

Sedan finns det applikationer som inte har så stor känslighet för fördröjning. Nedan visas en tabell över olika typer av applikationer och deras karakteristik. Applikationer med texten i grönt passar bra för datacenter på avstånd från användarna. Applikationer i blått kan också fungera bra på avstånd om någon form av cachning används. Applikationer i rött måste ligga mycket nära användarna.

Tabellen visar att en stor mängd av alla applikationer och även den största delen av all data utan problem kan ligga på avstånd från användarna om en distribuerad lösning används, med fördröjningskänslig data nära användarna eller användningen.

Type	Response times	Data amount	Traffic amount	Cache	DC
Cold storage	seconds	Gigabytes	Mb/s		remote
Off-line big data crunching	seconds	Gigabytes	Gb/s		remote
Chat type communication	100 th milliseconds	kilobytes	kb/s		remote
Web/app rendering	100 th milliseconds	Megabytes	Mb/s	Yes	remote
Streaming	10 th milliseconds	Gigabytes	Mb/s	Yes	partly
Real-time conferencing	10 th milliseconds	Megabytes	Mb/s	Yes	partly
Real-time analytics	milliseconds	Megabytes	Gb/s		proximity
Transaction based /Control loops	milliseconds	kilobytes	kb/s		proximity

Figur 12: Olika applikationers behov och krav

Tillgängligheten av ny IKT-infrastruktur som kombinerar dataanalys, molntjänster och nät och som når upp till de nya kraven från tjänster av olika slag, skapar en unik möjlighet för nya innovativa tjänster och lösningar som kan levereras ”business-to-business” eller till slutanvändare.

Prediktionerna från olika analysföretag varierar men alla är eniga om att big data och moln-industrin växer rejält de kommande åren. IDC uppskattar att intäkterna från big data når \$32,4 miljarder år 2020 [3]. Andelen data som används för dataanalys kommer att växa till 33 %. Även andelen av all data som kräver datasäkerhet ökar till 40 %.

Den dramatiska tillväxten av data, som stöds av nya teknologier och affärsmodeller, innebär en rejäl utveckling i IKT-branschen men också i samhället. Den mesta datan är big data, karakteriserat av stora volymer, snabba förändringar och stora variationer. Realtidsanalys av data blir mer vanligt för att minska behovet av lagring och för att kunna följa trender och upptäcka förändringar. All denna teknik möjliggör smartare applikationer för alla delar i samhället; konsumenter, företag, offentlig sektor, samhällsfunktioner etc.

Ekonomiska effekter

- De ekonomiska effekterna av datacenteretableringar är betydande
- 30-40 % av datacenterinvesteringarna landar lokalt
- Jobbmultiplikatorn är ca 2 ggr antalet anställda i ett datacenter

De ekonomiska effekterna av datacenteretableringar har studerats i Prineville, centrala Oregon, där Facebook öppnade drift av ett megadatacenter under 2011. Investeringen var på 1400 Mkr, där 36 % landade lokalt. Under 2011 hade etableringen skapat 111 direkta jobb. Jobbmultiplikatorn, dvs. kringeffekterna av de 111 jobben, lokalt har beräknats till 2,0. Jobbmultiplikatorn för hela USA har uppskattats till 3,4. Även i Quincy, USA, har man gjort en analys av effekterna. Nedan syns en sammanställning av några nyckeltal.



Figur 13: Några nyckeltal från Quincy i USA

Facebooketableringen i Luleå genererade 2 miljarder kr i investeringar totalt. Totalt 750 personer var på något sätt inblandade i byggnationen. Sedan mars 2013 sysselsätts 79 heltidsanställda och ett 20-tal deltidsanställda. LTU, Luleå Tekniska Universitet, genomför på uppdrag av Tillväxtverket en analys av effekterna från Luleåetableringen[8]. Där konstateras att det egentligen är alldeles för tidigt att i dag göra någon seriös effektmätning. Med denna reservation i åtanke visar en ex ante-utvärdering ändå på signifikanta effekter av Facebook-etableringen.

Nyheten om att Facebook valt Luleå gav minst 1500 artiklar, det största PR-genomslaget för Luleå och regionen någonsin, och ett momentum för Sverige som ledande IKT-nation. De ekonomiska effekterna av denna PR är svår att bedöma i siffror.



Figur 14: Några artiklar genererade efter Facebooks etablering i Luleå

En stor potential i kölvattnet av en etablerad datacenterbransch är utveckling av teknologier och tjänster ovanpå denna infrastruktur exempelvis baserat på datasäkerhet, big data, dataanalys, slutanvändarapplikationer osv. Detta kan bli basen för en expanderande och vidareutvecklad IKT-bransch i regionen.

Finns det något val?

- Ökad IKT-användning minskar utsläppen av globala växthusgaser
- Det ökande behovet av energi till datacenter är en utmaning för forskningen
- Förnyelsebar energiproduktion i norra Sverige bör användas för det ökade behovet

Datatillväxten känns nödvändig och nyttig eftersom IKT hjälper till att lösa utmaningar med urbaniseringen, effektiviserar industri och samhälle, stöttar fattigas utveckling och länders demokratisering samt för att en åldrande befolkning behöver lösningar som kan göra vardagen lättare.

I en rapport från GeSI [9] visas hur en ökad användning av informations- och kommunikations-teknologier (IKT) kan minska de beräknade globala växthusgasutsläppen med 16,5 % till 2020, vilket är lika med \$1,9 triljoner i totala energi- och drivmedelsbesparingar och en minskning med 9,1 gigaton koldioxidekvivalens (GtCO₂e) av växthusgaser. Det motsvarar mer än sju gånger av IKT-sektorns utsläpp under samma period.

Rapporten SMARTer2020 utvärderade GHG-reduktionspotentialen från IKT-baserade lösningar inom sex industrisektorer; energi, transporter, tillverkning, konsumenttjänster, lantbruk och byggnation. Utsläppsreduceringar kommer från virtualiseringsinitiativ som molntjänster och videokonferenser, men också genom effektivitetsförbättringar genom användning av dataanalys, optimering, ledningssystem för att reducera metangaser och 32 andra IKT-baserade lösningar identifierade i studien.

Dock, med den svenska datacenterdriftsmöjligheten i tankarna, kommer den ökande användningen av big data och IKT-tjänster öka energianvändningen globalt och i Sverige. I en rapport från Stanford [10] visas att elkraftsanvändningen i globala datacenter 2010 var ungefär 1,5 % av den totala elkraftsanvändningen. Tillväxten har varit runt 15 % och 2012 var den 19 %.

En färsk rapport [11] presenterar att tillväxttakten 2013 har saktat ner till 7 %, mest troligt baserat på ökad användning av virtualiseringsteknik och datacenteroptimeringar. Den totala elkraftsanvändningen globalt 2013 är 40 GW och ökande. Denna ökning är en rejäl utmaning för branschen. Forskning kring nya energieffektiva lösningar behövs.

För energiproduktionen har vi dock valmöjligheter. Om ökningen baseras bara på produktion i mellaneuropa, som är CO₂-tung, så belastar datacenterenergin miljön med ca 450 gram CO₂/kWh. Om stora delar av energiproduktionen för ökningen av datacenter baseras på svensk förnyelsebar energi kommer belastningen ligga på 20 gram CO₂/kWh. Om endast vatten- och vindkraft från Norrland används blir belastningen från produktionen 0 gram CO₂/kWh.



Luleå-regionens förutsättningar

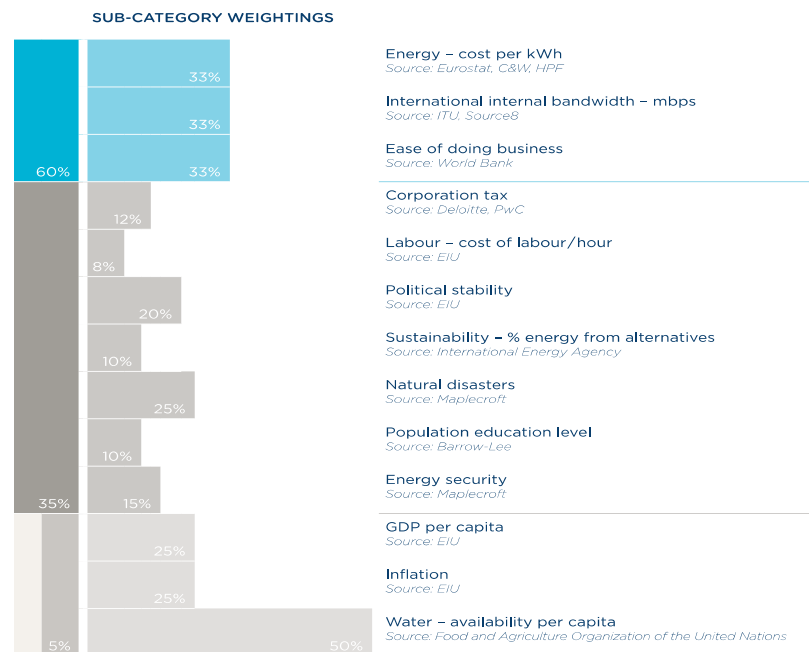
- Data Center Risk Index utgör ett bra verktyg för att analysera förutsättningar
- Norra Sverige har unika förutsättningar med ett överskott av förnyelsebar energi, ett synnerligen stabilt elnät med ett lågt energipris, kallt klimat och en intellektuell infrastruktur

Vid etablering av nya megadatencenter gör de stora bolagen utvärderingar av olika regioner. Ett etablerat index för regioners lämplighet för datacenter är det så kallade Data Center Risk Index [12]. Indexet utgörs av ett antal underliggande faktorer som energikostnad, stabilitet, hållbarhet, affärsmiljö, intellektuellt kapital o.s.v.



Sverige och framförallt norra regionen har tillgångar och förutsättningar som är unika och som skapar en affärsmöjlighet och ett tidsfönster just nu för näringslivsutveckling.

Marknadens intresse för Norden i allmänhet och norra Sverige i synnerhet har ökat markant. Detta har gett sig uttryck i att Sverige har klättrat i rankingen av olika regioners Data Center Risk Index. För närvarande rankas Sverige som nr 3 globalt. Naturligt skulle vara att höja målsättningen.



Figur 15: Del-kategorier i datacenter risk index

Tom Furlong, VP Site Operations, på Facebook uttalande sig på detta sätt om regionens förutsättningar; *“After a rigorous review process of sites across Europe, we concluded that Luleå offered the best package of resources – including a suitable climate for environmental cooling, clean power resources, available land, talented regional workforce and supportive business and corporate environment.”*

De unika förutsättningarna i norra Sverige är tillgången till en stor mängd förnyelsebar energi i form av ren vatten- och vindkraft. Nätet är unikt i sin stabilitet byggd för affärskritisk gruv-, stål- och pappersmassaindustri. Klimatet är kallt, vilket ger stora energi- och miljöbesparingar vid kylning av dataservrar. Affärsmiljön är unik med vana från affärskritiska industrier. Fiberkommunikation är inget problem, politikens och berggrundens stabilitet är klara fördelar.

Affärsmiljön har bearbetats under denna första period med Facebook-etableringen, men på lång sikt behövs det förbättringar. Det största riskmomentet är energiskatten som behöver vara konkurrensneutral i Europa. Utbildning, fiberinfrastruktur och innovations-förmåga är områden som också behöver bearbetas.



Stad	Frankfurt	Stockholm	Luleå
Medeltemp	10°C	6°C	2°C
Luftflöde (kg/ s)	350	320	285
Effektivitet (PUE)	1.4-1.5	1.2-1.3	1.1
Energipris (€/ MWh)	120	80	65
Kostnad (M€/ a)	30	17	12
Ton CO2 årligen	80k	3,5k	0
Infrastruktur säkerhet	Medium-Hög	Hög	Extremt hög

Figur 16: Unika förutsättningar i Sverige och speciellt i norra Sverige. Jämförelse av ett 20 MW datacenter placerad i olika regioner.

I bilden ovan jämförs tre regioner med helt olika förutsättningar. Klimatet är en stor skillnad. Medeltemperaturen är bara en av klimatfaktorerna. Skillnaden är ca 4°C mellan orterna. Eftersom mycket av extraenergin till datacenter handlar om kylning av servrar så handlar det om att transportera bort värme. Mängden luftflöde som då behövs för de olika regionerna beror på temperaturen och är olika med fördel i ett kallare klimat. Mindre luftflöde eller fläktenergi behövs för kallare klimat när frikyla, kylning med luft, används.

Ett datacenters effektivitet mäts bl.a. med mätvärdet PUE, ”Power Usage Effectiveness”, som är all använd energi delat med energin som används av dataserverna, $PUE = Total\ energi / IT\ Energi$. Ett lägre värde är bättre och i jämförelsen blir effektiviteten bättre ju längre norrut man etablerar sitt datacenter [13]. Facebook har annonserat att man slagit världsrekord i Luleåanläggningen med ett PUE på 1,04 [14].

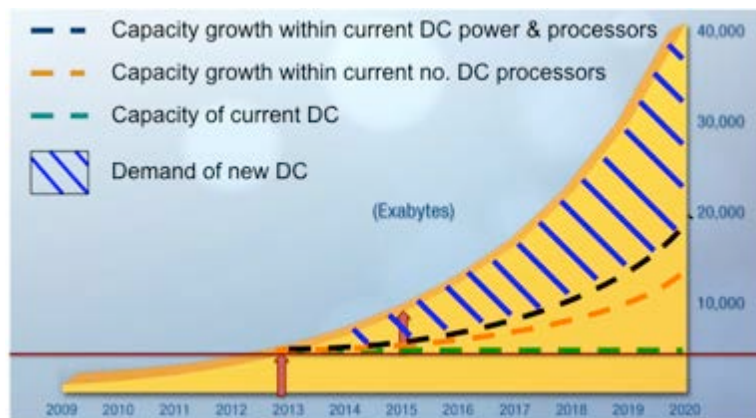
Eftersom energipriset är lägre norrut och i Sverige jämfört med Europa och effektiviteten bättre så blir energikostnaden betydligt lägre i Sverige och lägst i norra Sverige. Dessutom är energimixen i Sverige renare och belastar miljön med bara 3,5k ton CO2 årligen för en 20 MW anläggning. I norra Sverige blir belastningen från energiproduktionen 0 ton CO2. Slutligen har infrastrukturens säkerhet jämförts, där elnätet i norr har extremt hög stabilitet med Boden som ett lysande exempel med kvadrupel redundans.

Energiproduktion och energikonsumtion

- 200 st. megadatencenter behöver byggas i Europa fram till 2020
- Sveriges kraftbalans av energi ger plats till minst 50 st. av dessa
- I norra Sverige där det är extra fördelaktigt finns det plats för minst 25 st.

Baserat på data från IDC, 49 % tillväxt av molninfrastruktur 2013-2017 [4], och Intels processortillväxtprediktion, 2 ggr på 5 år [5], har tillväxten av datacenterkapacitet beräknats till en fördubbling globalt fram till år 2020, se figur 17 nedan.

Datorkapaciteten ökar i nuvarande antal servrar enligt den orange kurvan i figur 17, om hänsyn tas till Moores lag. Den säger 10 gångers kapacitetsökning på 5 år och 2 gångers förbättring av energianvändningen för samma period. Kurvan baseras på antagandet om en utbytestakt på 3-4 år för hårdvaran. Kapaciteten i nuvarande anläggningar ökar enligt mörkblå kurva om infrastruktur och processorförbättringar införs med ungefär samma takt. Detta betyder att hälften av databehandlingsbehovet täcks av modernisering inom nuvarande energi och processorkapacitet och den andra hälften kommer från nybyggnation.



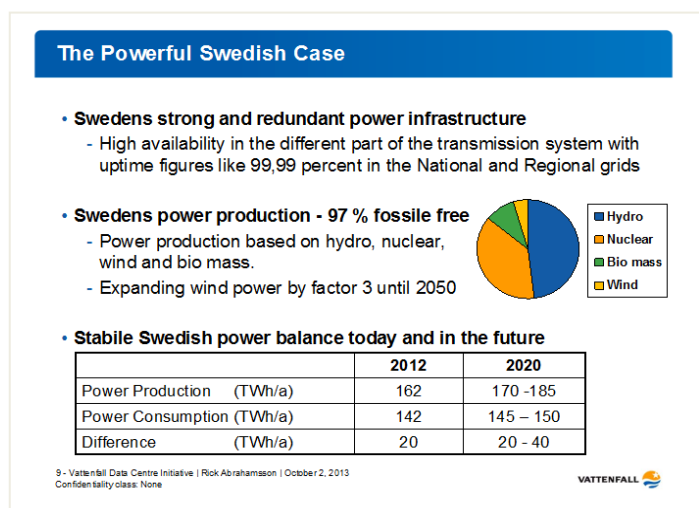
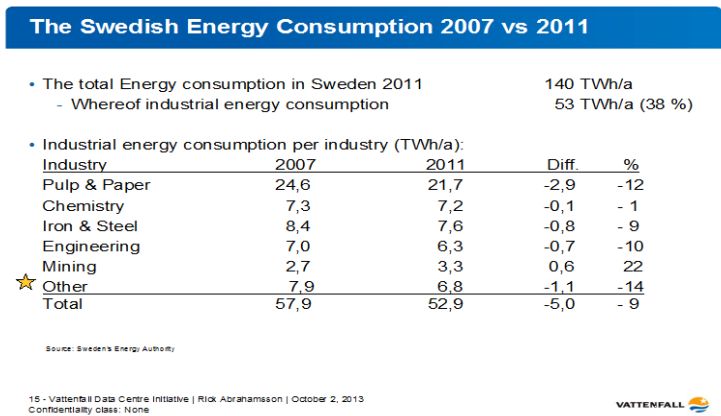
Figur 17: Behovet av datacenterkapacitet.

Om man kombinerar detta resultat med antal datacenter idag enligt datacentermap.com, 2700 i figuren nedan [15], estimat för nybyggnationer, att 133 megadatencenter byggs globalt till 2020 [16], och Datacenter Dynamics kapacitetsundersökning [11], så behöver det byggas 700 megadatencenter globalt fram till 2020, se figur nedan till höger. Med 20-30 MW som medelvärde per megadatencenter landar man på ett energibehov på totalt 10-20 GW globalt. Av dessa 700 megadatencenter behöver ca 200 byggas i Europa vilket innebär ett behov på 4-6 GW.



Figur 18: Antalet datacenter idag och estimerad nybyggnation fram till 2020

I Sverige minskar energikonsumtionen i pappers- och massa-industrin, se figuren nedan. Gruvindustrin har identifierat en ökning men har som målsättning att göra stora energi-besparingar. Kraftbalansen av energi i Sverige är idag minst plus 2,3 GW och ökande med den adderade vindkraften och minskade konsumtionen. Denna kraftbalans motsvarar minst 50 megadatatcenter.



Figur 19: Sveriges energi-konsumtion och -produktion

Energiproduktionen i regionen Umeå och norr ut är idag 7000 MW eller 26-30 TWh/a. Bara i Luleälven är den 4400 MW eller 13 TWh/a. Som jämförelse producerar Hooverdammen i USA 2080 MW eller 4,8 TWh/a. Den totala lasten i norr är 1850 MW eller 7-8 TWh/a; gruvor 650 MW eller 3,5 TWh, massa och papper 1,5 TWh/a och stål 1 TWh/a. Denna skillnad mellan produktion och konsumtion skickas idag söderut där det är större konsumtion. En stor del av produktionen säljs också till mellaneuropa. Denna kraftbalans motsvarar minst 30 megadatatcenter.

Om man använder indelningen av Sverige i elområden och sprider ut etableringarna efter krafttillgång finns det plats för ca 25-30 megadatatcenter i elområde Luleå (SE1), ca 10-15 i elområde Sundsvall (SE2), och 5-10 i elområde Stockholm (SE4) men inga i elområde Malmö (SE4).

Notera också att 11 TWh/a år 2012 är förluster i distributionen. Det motsvarar nästan elproduktionen i Luleälven. Minskad långdistansdistribution av el ger energieffektivitet.



Datacenteroperatörer och värdekedjor

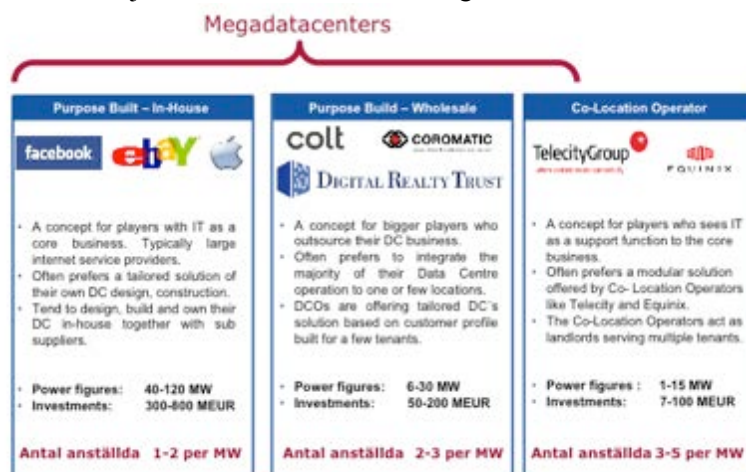
- De största DC operatörerna är så kallade "In-house" med minst antal anställda per MW.
- "Co-location" operatörerna är mindre men har typiskt fler anställda per MW.
- Molntjänster och "as-a-service" är olika sätt att beskriva kund-leverantörsroller

Det finns flera olika typer av datacenteroperatörer. En enkel uppdelning är i tre olika typer; "In-house", "Wholesale" och "Co-location", enligt figur 20 nedan. De två första typerna plus de större "co-location" klassas som megadatatcenter om effekten ligger över 5 MW

Första typen kallas för "In-house" där bolaget typiskt erbjuder en internettjänst och själva äger och driver datacentret. Exempel på denna typ är Facebook, eBay, Apple, Google och Amazon. Typiskt är att de har ett fåtal applikationer och är stora tjänsteleverantörer som vill ha full kontroll på hela kedjan. Investeringarna är stora, energibehovet är stort men antalet anställda per MW är lägst i branschen.

Andra typen kallas här "Wholesale", där bolaget typiskt tar hand om andra bolags datacenterdrift i form av infrastruktur och specifika mjukvaruplattform. Exempel här är Colt, DRT och Coromatic. Det körs typiskt fler applikationer i dessa datacenter men i större datacenter bara åt ett fåtal kunder. Investeringarna och energibehoven är relativt stora. Dessa har ett större antal anställda per MW jämfört med "In-house".

Den tredje typen kallas för "Co-location", populärt kallade "Colo". Dessa bolag erbjuder typiskt utrymme för hyra, dvs. för andra att placera sina servrar. De kan också erbjuda viss drift av mjukvara; inte bara påslag, avslag och omstart. De är mindre i storlek och hanterar en större variation av hårdvara och mjukvara vilket leder till många fler anställda.



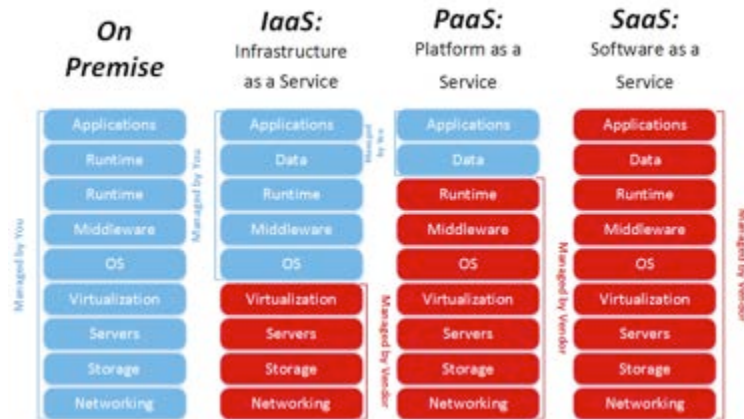
Figur 20: Olika typer av datacenteroperatörer

Varianter på dessa typer är de stora internetbolag som erbjuder sin egen serverkapacitet eller mjukvara till andra företag exempelvis Google, Amazon, Microsoft. Detta brukar man kalla publikt moln. Varianter här är mjukvaran som tjänst eller virtualiserade servrar som tjänst.

Det finns också en uppsjö av företag av olika slag och storlekar som har sina egna datarum, datahallar och datacenter där man sköter om sina egna mjukvaror åt sin egen personal. Om lösningen är virtualiserad kallar man det privat moln. Om delar läggs ut på publikt moln så heter det hybridmoln.

En viktig komponent är hur operatörer ser på sitt datacenter. Är det en kostnad, d.v.s. support-funktion, eller källan till intäkt och innovation, d.v.s. en investering kan generera mer intäkt.

Andra termer som används i detta sammanhang är varianter på ”as-a-service”. Det kan beskrivas som i hur stor grad ett företag låter ett datacentertjänsteföretag hantera servrar och mjukvara. Mjukvara som en tjänst, SaaS, där man låter någon annan sköta allt, och ”In-house”, ”On Premise”, där man sköter allt själv, är ytterligheterna. Denna kund-leverantörsbeskrivning överlappar med ovanstående beskrivning av olika molntjänster.



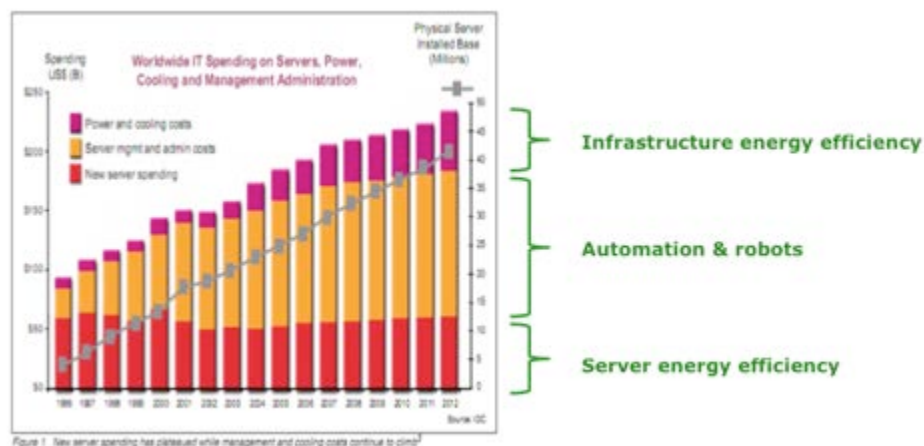
Figur 21: Olika typer av ”as-a-service” kund-leverantörsuppdelning

Datacenterteknologier och forskningsutmaningar

- Den största utmaningen för forskningen är energieffektiviteten
- Helikopterperspektiv behövs för att inte suboptimera
- Det smarta affärskritiska elnätet behöver studeras
- Klimatsmarta lösningar behövs för norra Sveriges unika förutsättningar

En översiktlig introduktion till datacenterbranschen och vad ett datacenter är finns på Wikipedia [18]. Där beskrivs olika teknologier som behövs för ett datacenter. Nedan beskrivs ett antal identifierade områden för forskning och utveckling.

Huvudutmaningen för datacenterbranschen är det ökande energibehovet. Kostnaderna för datacenter syns i figur 22. Här behövs nya lösningar för att göra infrastrukturen mer energi- och kostnadseffektiv, driften mer automatiserad och energismart och hård- och mjukvara energieffektivare.



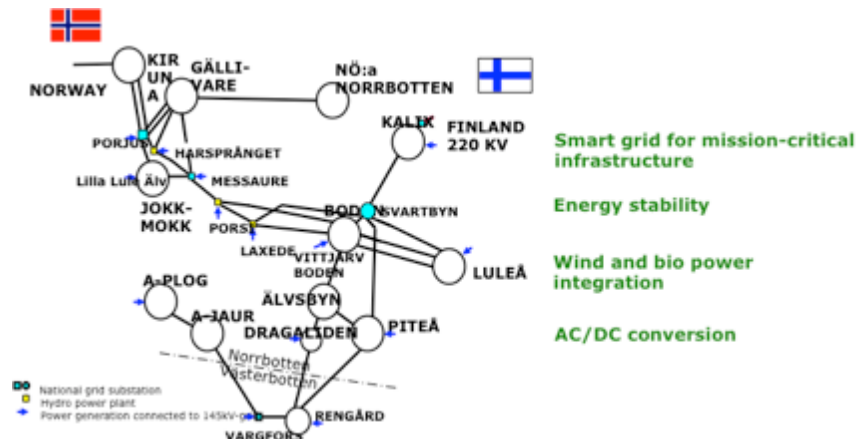
Figur 22: Datacenterkostnader

Dock behöver inte en enskild energibesparing vara hållbar på lång sikt. Det kan vara en suboptimering om inte ett makroperspektiv och den totala kostnaden undersöks. Figur 23 räknar upp några ämnesområden som behöver belysas för att ett helikopterperspektiv skall uppnås.



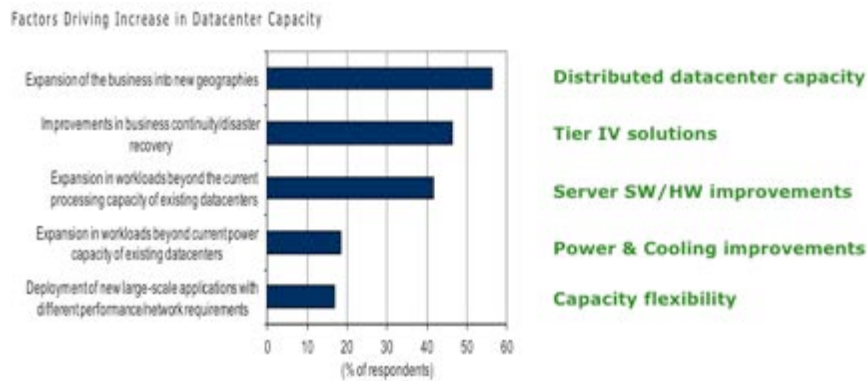
Figur 23: Helikopterperspektiv

Norra Sverige har ett erkänt stabilt elnät optimerat för affärskritiska processer. Studier av hur detta nät skall fortsätta vara stabilt och bli smartare, med en mängd nya datacenter och vindkraftskällor, behövs. Även datacenterintegration exempelvis AC/DC-transformering behöver studeras. Se figur 24.



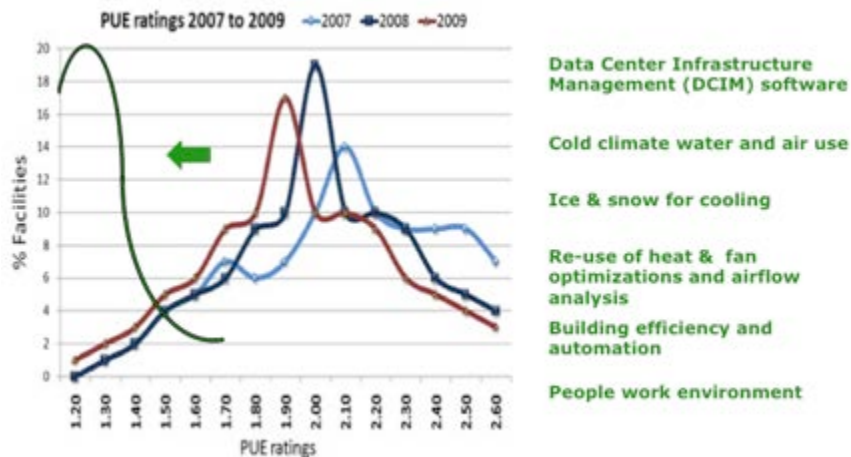
Figur 24: Affärskritisk kraftdistribution

När behovet av datacenterkapacitet ökar finns en mängd tillväxtutmaningar i form av distribuerad och flexibel kapacitet, stabila Tier IV-lösningar samt förbättringar i hårdvara, mjukvara, elkraft och kylning, se figur 25.



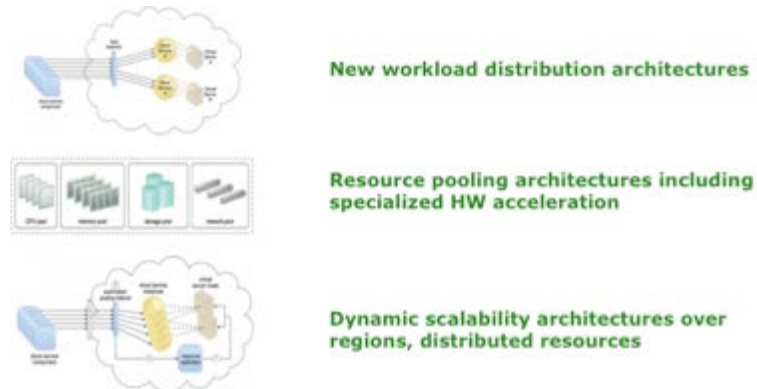
Figur 25: Tillväxtutmaningar

Lösningar specifika för norra Sveriges unika klimatförutsättningar behöver utredas, exempelvis vatten- och luftkylning i kallt klimat, återanvändning av värme samt användning av is och snö för kylning, se figur 26. För att förbättra PUE-talen behöver driftsmjukvaran (DCIM) förbättras, byggnaderna effektiviseras och automatiseras samtidigt som arbetsmiljön inte får försämrats.



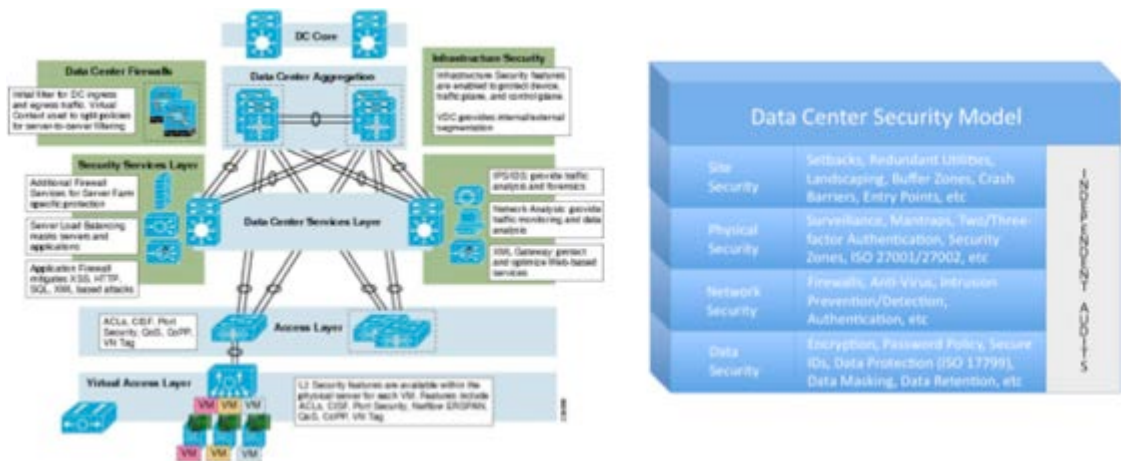
Figur 26: Klimatsmarta lösningar

För att ytterligare förbättra prestanda och effektivitet i resurshanteringen finns många nya områden att studera och optimera. De distribuerade virtualiseringsmiljöerna är inte färdigutvecklade, särskilt inte om realtidskrav och höga stabilitetskrav skall adresseras. Se figur 27 nedan.



Figur 27: Resurshantering

Till sist finns många säkerhetsfrågor att utforska. Fysisk säkerhet och yttre skalskydd för datacenter är det första området. Därefter behöver stabiliteten hos affärs- och samhällskritiska funktioner studeras, dvs. såväl hela system som enskilda komponenter. Forskningsutmaningar finns också inom datasäkerhetsområdet och i säkring av nätverken.



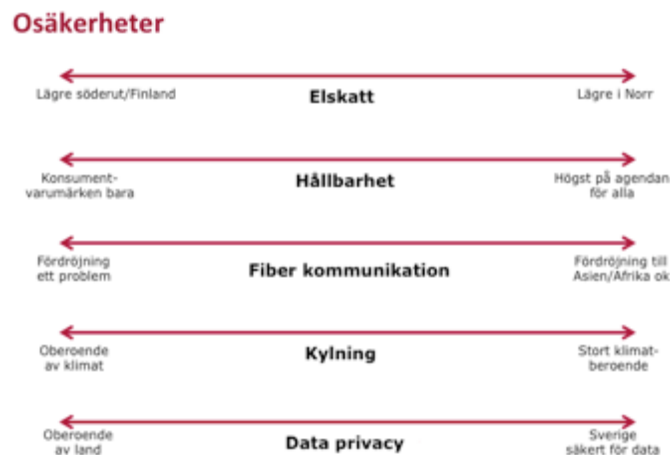
Figur 28: Säkerhet

Framtidsscenarion

- Tre framtidsscenarion är byggda på de största osäkerheterna
- I Scenario 1 är det i princip färdigbyggt med datacenter i Sverige
- Scenario 2 visar på gynnsam tillväxt i konkurrens med andra regioner
- För scenario 3 blir det en explosiv tillväxt

Framtiden är svår att förutspå. För att analysera åtgärder för framgång har tre olika framtidsscenarion utvecklats. Framtiden inträffar inte bara, den kan också skapas. De största osäkerheterna om framtiden för datacenterbranschen bygger upp de tre scenariona. De största osäkerheterna är energipriset, hållbarhetsfrågans inverkan på lokaliseringen, fördröjningen till datacenter i norr, klimatets inverkan på kylningen samt datasäkerheten, figur 29 nedan.

Den absolut största osäkerheten är energipriset. Kommer energiskatten att vara lägre i konkurrerande regioner eller konkurrensneutral alternativt lägre i norra Sverige?



Figur 29: Osäkerheter, med elskatten som största osäkerhet

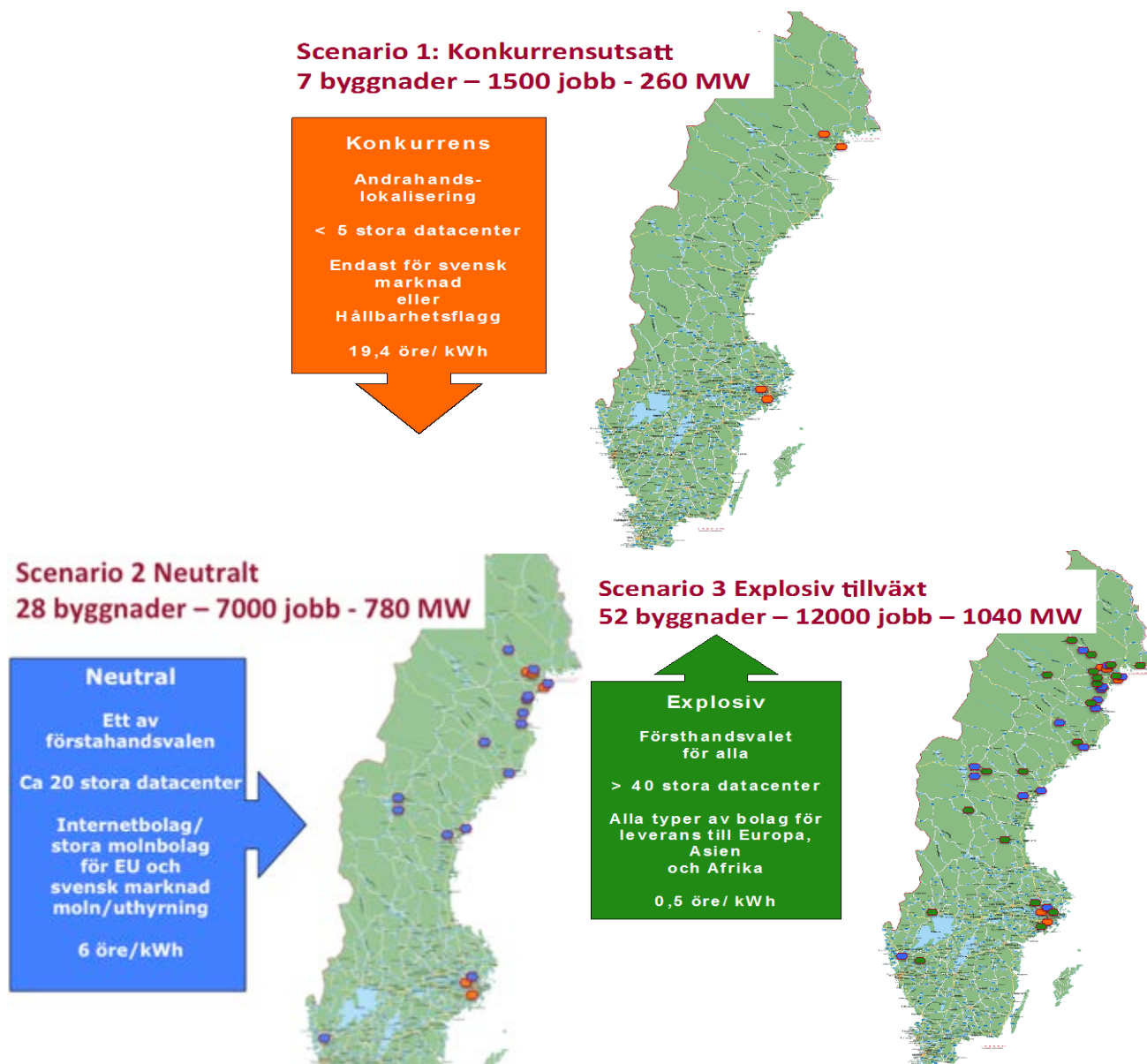
I scenario 1 är alla faktorer för datacenteretableringar i norra Sverige negativa. Energiskatten är lägre i exempelvis Finland. I scenario 2 är energiskatten konkurrensneutral jämfört med andra regioner och i scenario 3 är energiskatten i norra Sverige mycket lägre och övriga faktorer positiva. Se figur nedan med scenarion för norra Sverige.



Figur 30: Tre framtidsscenarion för datacenter i norra Sverige

Datat från USA avseende de ekonomiska effekterna har använts för att beräkna jobbskapande, utbildningsbehov, investeringar och skatteintäkter i Sverige för scenarierna.

Slutsatsen av detta är att om scenario 1 inträffar så är det i princip färdigbyggt med datacenter i Sverige. Scenario 2 visar på gynnsam tillväxt i konkurrens med andra regioner. För scenario 3 blir det en explosiv tillväxt.

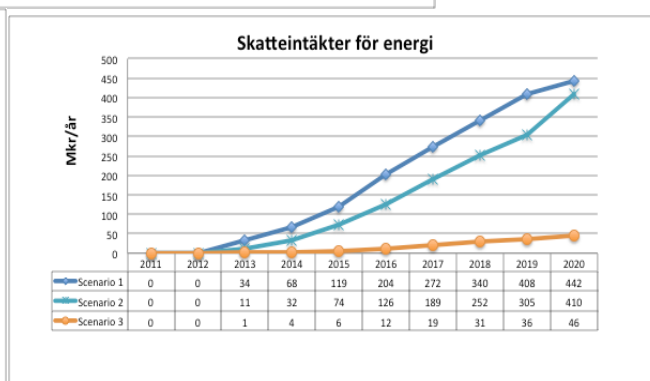
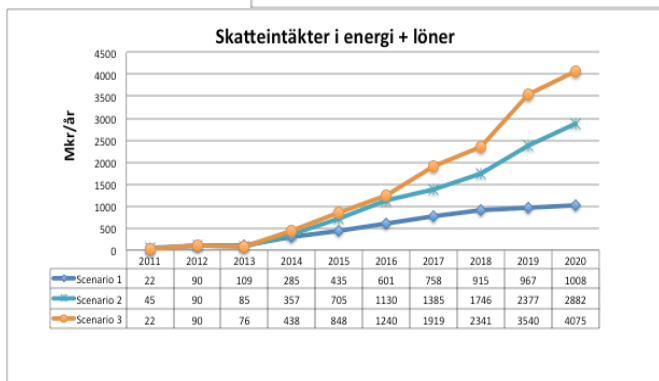
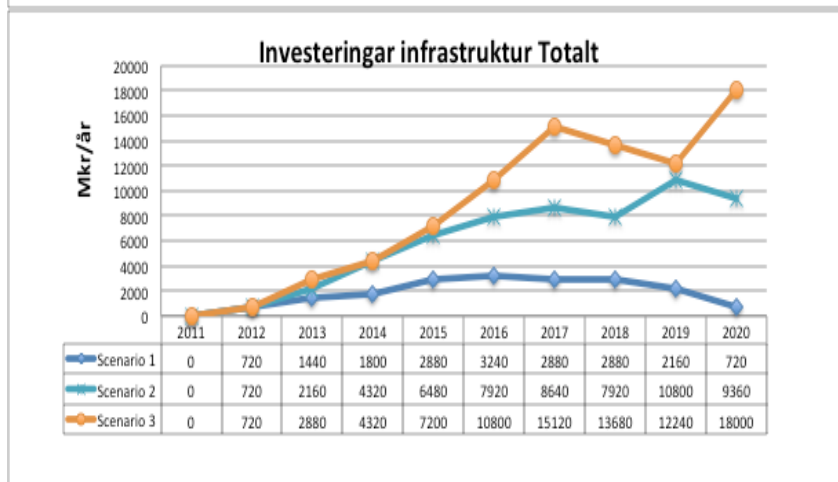
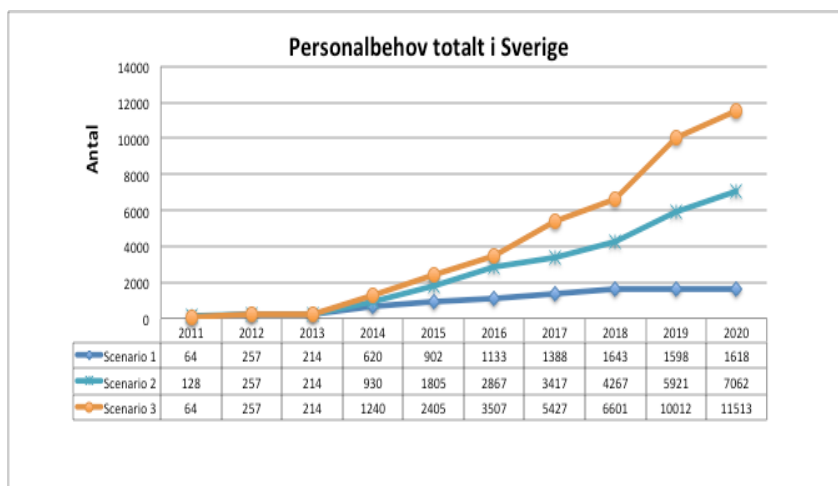


Figur 31: Tre framtidsscenario för datacenter i hela Sverige

I scenario 1, som är väldigt likt nuvarande situation, byggs det något enstaka datacenter till i Sverige. Total investering ca 18 miljarder kr, motsvarande 7 Facebookbyggnader. Totalt antal jobb ca 2000, inklusive indirekta jobb inom exempelvis service. Skatteintäkterna blir ca 1 miljard kr per år varav 0,5 miljarder kr per år är från energiskatten på 19,4 öre/kWh. Se figur 32 nedan.

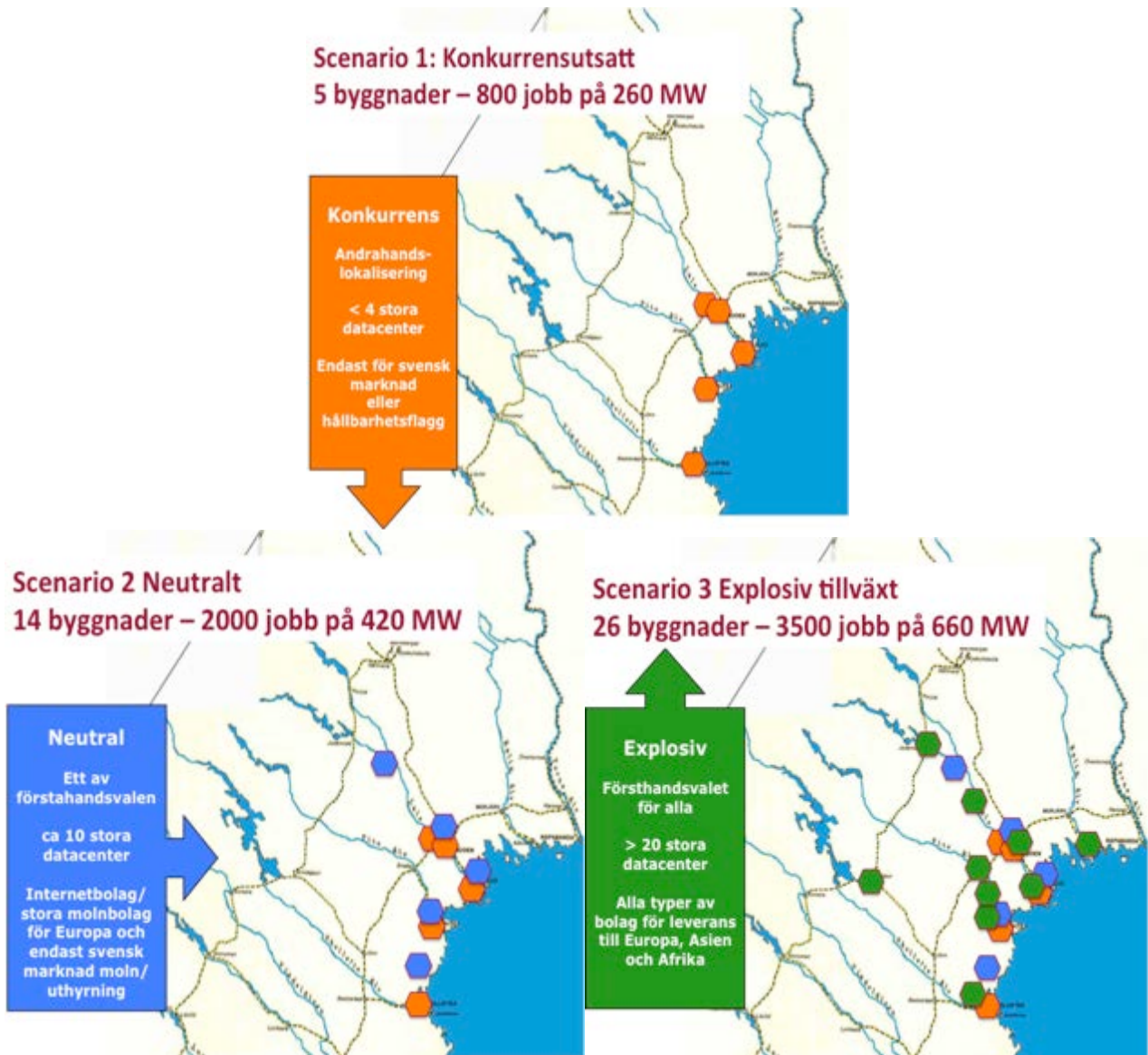
I scenario 2 får vi en stor tillväxt av datacenter, med ca 15 % av den totala investeringen i Europa, lika med 58 miljarder kr ackumulerat över perioden. Jobbskapandet når ca 7000 personer och skatteintäkterna, där största delen är löneskatter, blir 3 miljarder kr per år. Energiskatten ger också här ca 0,5 miljarder kr per år vid 6 öre/kWh.

I det explosiva scenariot, nummer 3, blir den totala investeringen 85 miljarder kr när förutsättningarna är så gynnsamma att Sverige suger åt sig en fjärdedel av alla nyetableringar. Antal jobb blir ca 12000, inkluderande 3500 byggjobb. Skatteintäkterna når över 4 miljarder kr per år på bara löneskatter. Energiskatten blir minimal med en skattesats på 0,5 öre/kWh.



Figur 32: Ekonomiska effekter i de tre framtidsscenarioerna för megadatacenter i hela Sverige

Om man zoomar in norra Sverige ser de tre scenariona ut som i figur 34. I Scenario 1 byggs kanske något datacenter till innan år 2020. I det konkurrensneutrala scenario 2 blir det ca 10 megadatacenter i norra Sverige. Investeringarna blir ca 25 miljarder kr ackumulerat över perioden 2014-2020. Skatteintäkterna blir närmare 1,5 miljarder kr per år. I det explosiva scenariot kommer vi se minst 20 megadatacenter och investeringar på 8 miljarder kr per år. De stora utmaningarna i scenario 3 blir antalet byggijobbare periodvis samt utbildning av tekniker.



Figur 33: Tre framtidsscenarion för megadatacenter i norra Sverige

Strategi – det vinnande konceptet

- Visionen är en kraftig tillväxt på uppåt 20 stora datacenter fram till 2020. Detta skulle generera upp mot 3000 jobb och investeringar på minst 5 miljarder kronor per år
- Strategin är att skapa ett stort och grundmurat förtroende för regionen, det regionala ledarskapet, affärsmiljön, branschutvecklingen och kompetenstillgången
- Det vinnande konceptet är att förbättra “Datacenter risk index” för regionen till 100,00 och skapa förutsättningar för innovation, ledarskap och tillväxt.

Missionen är att skapa världens ledande region inom klimat-smarta (gröna och kyliga) datacenterteknologier. Visionen är extremt hållbara energieffektiva datacenter för framtidens zettabyte-era, se figur 34.



Figur 34: Norra Sveriges Mission och Vision

Visionen för regionen norra Sverige är att kunna åstadkomma en kraftig tillväxt på uppåt 20 stora datacenter fram till 2020. Detta skulle generera upp mot 3000 nya jobb i form av byggarbeten, drift och underhåll av datacenter, service, teknikutveckling och kringeffekter och investeringar på minst 5 miljarder kronor per år. Lokalt landar 30 miljarder kronor ackumulerat.



Figur 35: Norra Sveriges vision för en ny industriera

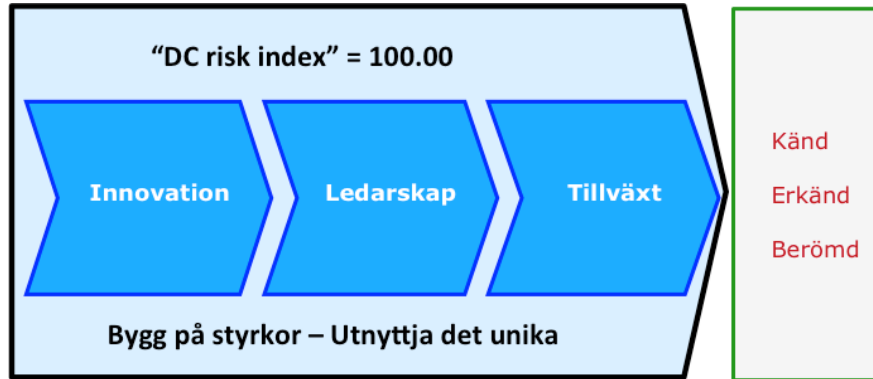
För att åstadkomma förutsättningar för denna vision handlar det framförallt om att förbättra ett antal områden. Affärsmiljön, tillgången till säker och ren energi, tillgången till personal och kompetens och regionens ledarskap.

Strategin för att nå visionen är att förbättra fyra områden.

Strategins fyra huvuddelar med aktiviteter är:

1. Det regionala ledarskapet
2. Affärsmiljön
3. Branschutvecklingen
4. Kompetenstillgången

Det vinnande konceptet är att förbättra "Datacenter risk index" för regionen till 100.00 och skapa förutsättningar för innovation, ledarskap och tillväxt. I marknadsföring och försäljning skall vi vara som Zlatan i svenska landslaget – det man minns. Vi skall gå från kända till erkända till berömda. Alla aktiviteter utgår från och bygger på våra styrkor och att vi utnyttjar det unika i allt vi ämnar göra. Se figur 36 nedan.



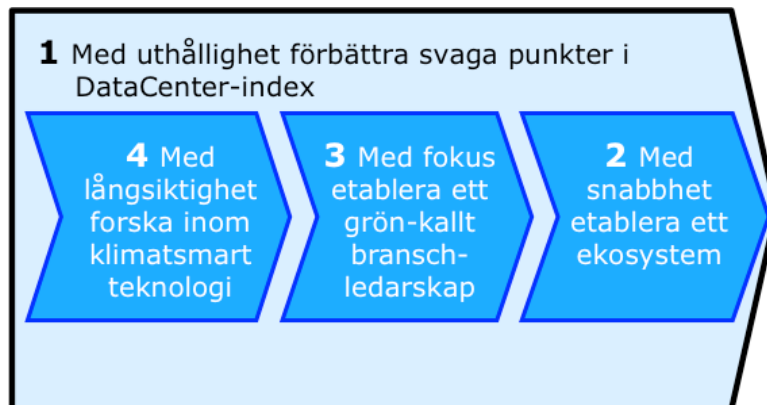
Figur 36: Vinnande koncept för strategin

Strategiaktiviteter

- Förbättra svaga punkter i datacenter risk index
- Etablera ett ekosystem
- Etablera ett grön-kallt branschledarskap
- Forska och utbilda inom klimatsmarta teknologier

Aktiviteterna i strategin är indelade i de fyra områdena:

1. Pro-aktivt satsa på branschen och utveckla svaga punkter
Arbeta uthålligt på utbildningar, energiskatten, den industripolitiska miljön och infrastrukturen.
2. Bygga partnerskap och strategisk marknadsföring
Etablera ekosystem genom ett partnerskapsprogram och en marknadsplats för gröna och effektiva datacenter samt bolag aktiva i segmentet.
3. Etablera ett branschledarskap och bolagsutveckling
Etablera en innovationsmiljö med ett fokus på grön-kallt branschledarskap, bolagsetableringar och affärsutveckling.
4. Program för att forska och bygga storskalig provmiljö
Forska för samhällsnytta och tillväxt i partnerskap och öka kunskapen med en provmiljö och ett institut för att stärka Sveriges datacenterindustri.



Figur 37: Vinnande koncept: aktiviteter inom fyra huvudområden

Slutord

Visionen för regionen i norra Sverige är att kunna åstadkomma en kraftig tillväxt på uppåt 20 stora datacenter fram till 2020. Detta skulle generera upp mot 3000 nya jobb i form av byggarbeten, drift och underhåll av datacenter, service, teknikutveckling och kringeffekter och investeringar på minst 5 miljarder kronor per år.

De unika förutsättningarna i norra Sverige är tillgången till en stor mängd förnyelsebar energi i form av ren vatten- och vindkraft. Nätet är unikt i sin stabilitet byggd för affärskritisk gruv-, stål- och pappersmassaindustri. Klimatet är kallt, vilket ger stora energi- och miljöbesparingar vid kylning av dataservrar. Affärsmiljön är unik med vana från affärskritiska industrier.

De största osäkerheterna om framtiden för datacenterbranschen i norra Sverige är energipriset, hållbarhetsfrågans inverkan på lokaliseringen, fördröjningen till datacenter i norr, klimatets inverkan på kylningen samt datasäkerheten.

Strategin för att nå visionen är att förbättra fyra områden; affärsmiljön, tillgången till säker och ren energi, tillgången till personal och kompetens och regionens ledarskap.

Med de unika förutsättningarna och ett gynnsamt utfall för osäkerheterna kan denna strategi möjliggöra en ny industriera med kraftig tillväxt i norra Sverige där klimat-, kompetens- och energitillgångar används på ett långsiktigt hållbart sätt. Strategin ökar också konkurrenskraften i norra Sveriges datacenternäring.

Slutligen, så är denna strategi baserad på kunskap från styrgrupp och referensgrupp samt de intervjuer som är gjorda med en mängd personer verksamma i branschen. En lista på bidragande personer finns i kapitlet ”Referenser” nedan.

Referenser

- [1] Reinventing strategy: Using strategic learning to create and sustain breakthrough performance, Willie Pietersen, ISBN 0-471-06190-5, John Wiley & sons, New York 2002.
- [2] It i människans tjänst – en digital agenda för Sverige, Artikelnummer N2011.12, Diarienummer 2011/342/IT, Näringsdepartementet, oktober 2011.
- [3] Worldwide Big Data Technology and Services Forecast 2013-2017, IDC study, 18 Dec 2013.
- [4] The Digital Universe in 2020: Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East, IDC study, Dec 2012.
- [5] Kirk Skaugen DCSG MegaBriefing, Intel developer forum, 2011.
- [6] Worldwide and U.S. Cloud Professional Services 2013–2017 Forecast, IDC 2013.
- [7] Western Europe data centre market report IV, Broad group, 2010.
- [8] Med anledning av förfrågan från The Node Pole och dess VD Anders Granberg ang effekter av Facebook-etableringen i Luleå, Håkan Ylinenpää, LTU, 2013
- [9] The Role of ICT in Driving a Sustainable Future, Global e-Sustainability Initiative (GeSI) SMARTer2020, December 2012.
- [10] Growth in data center electricity use 2005 to 2010, J.G. Koomey, Analytic press, August 2011.
- [11] Global Data Center Power 2013, DCD Intelligence, January 2014.
- [12] Data Centre Risk Index 2013, Source8, Hurleypalmerflatt and Cushman & Wakefield 2013.
- [13] Green Room: A Giant Leap in Development of Green Datacenters, C El Azzi, R Izadi, Master thesis, KTH 2012
- [14] <http://www.computing.co.uk/ctg/analysis/2297267/facebooks-lule-data-centre-is-a-swedish-model-of-efficiency>
- [15] <http://www.datacentermap.com/>
- [16] Aaroe, Future looks promising for more data centers in Crook County, Centraloregonian, 2012.
- [17] The Productization of the Data Center, Datacenter Journal, Nov 2013.
- [18] http://en.wikipedia.org/wiki/Data_center

Styrgrupp:

Gry Holmgren, Centek, Thomas Nilsson, LTU Holding, Birgitta Bergvall-Kåreborn, LTU, Johan Antti, Länsstyrelsen, Katarina Rönnbäck, Länsstyrelsen, Matz Engman, LNAB.

Referensgrupp:

Conny Hökfors, Centek, Erik Lundström, TNP, Fredrik Kallioniemi, TNP, Anne Graf, LNAB, Erik Svensson, BUAB, Anders Granberg, LNAB, Nils Lindh, BUAB, Magnus Wikman, PUAB, Olov Schelen, LTU, Mikael Börjesson, LTU, Michael Nilsson, LTU, Anders Berglund, Fortlax, Rick Abrahamsson, Vattenfall, Johan Gustavsson, NCC, Per-Erik Andersson, Länsstyrelsen

Regionala kontakter:

Thomas Andersson, Tullverket, Peter Nordlund, Fortlax, Anita Lindfors, Kommunförbundet, Anna Lindberg, Landstinget, Bengt Ivansson, Skellefteå Näringsliv AB, Staffan Borg, Längmanska, Christer Åhlund, LTU, Staffan Lundström, LTU, Anna-Lena Ljung, LTU, Lars Stehn, LTU, Dan Harnesk, LTU, Jonas Ekman, LTU, Håkan Ylinenpää, LTU, Johan Bengtsson, InternitAB, Håkan Nilsson, ITBD, Tony Blomqvist, ITBD, Håkan Nordin, BUAB, Joel Kjellgren, Facebook, Johan Wikström, IUC/IB, Lars Wikman, NorthSwedenEU, Malin Bernspång, IUC/IB, Kjell Olsson, IUC/IB, Östen Jonsson, LDB-centrum, Karl Petersen, TNP, Erik Elmroth, UmU, Anders Högström, IUC/IB, Mikael Gunnari, IUC/IB

Nationella kontakter:

Cecilia Sjöberg, Vinnova, Göran Carlsson, Swerea, Hans Hentzell, SEICT, Christer Norström, SICS, Björn Levin, SICS, Björn Hovstadius, SICS, Daniel Gillblad, SICS, Svante Enlund, SEE Cooling, Henrik Palmgren, ABB, Sten Karlsson, ABB, Jonas Wallberg, Teknikföretagen, Mattias Fridström, TeliaSonera, Ulf Wahlberg, SEICT/Ericsson, Pia Sandvik, RISE, Cecilia Driving, RISE, Staffan Movin, MTC, Per Widen, Ericsson, Anders Henriksson, Ericsson, Jan Sjöberg, Ericsson, Robert Killilea, Ericsson, Roger Sundman, Imsys, Tomas Sokolnicki, Business Sweden, Torbjörn Bengtsson, Business Region Stockholm, Bo Landegren Enaco, Magnus Angermund, Enaco, Arne Keller, Commscope, Lina Groth, Energimyndigheten, Ada Nilsson, Energimyndigheten, Daniel Forslund, Vinnova, Ann-Mari Fineman, Vinnova, Louise Hammarberg, Vattenfall

Internationella kontakter:

Olexander Hryb, DatacenterDynamics, Christian Belady, Microsoft, Greg McKnight, Microsoft, Leonard Ruff, Callison, Fred Chong, UCSB, Jonathan Koomey, Stanford, Bill Zelenka, City of Prineville, Eric Klann, City of Prineville, Russ Deboodt, City of Prineville, Derek Webster, Schneider, Katie Breitschopf, Active Power, Richard Ungar, ABB, Ian McVey, Interxion, Shreyas Nagaraj, TexasA&M, Eric Wells, Fidelity

