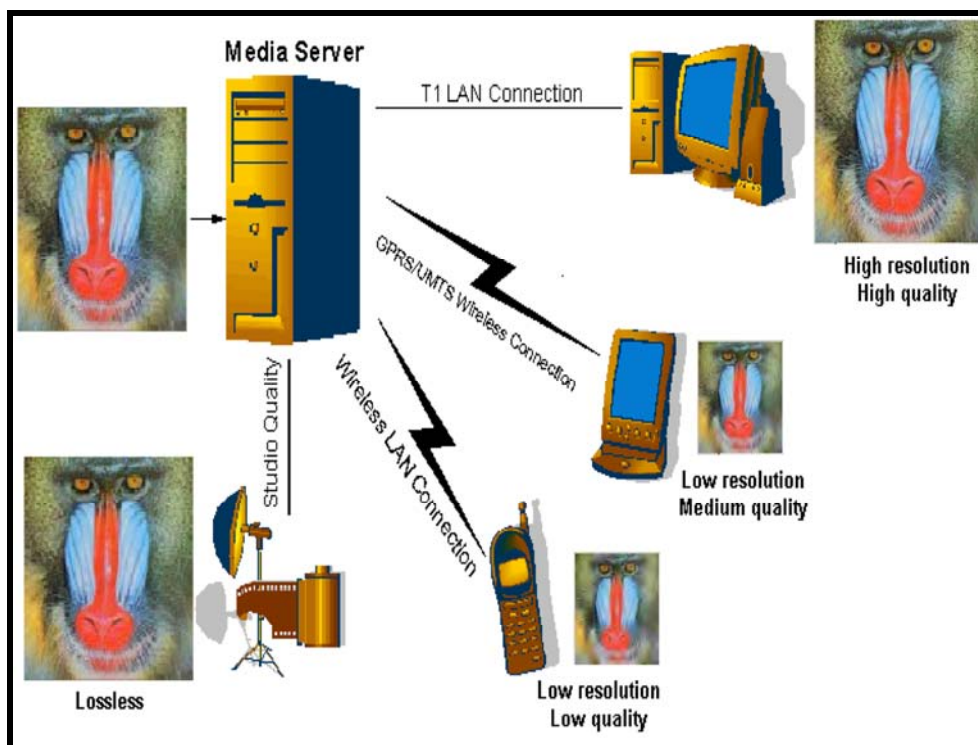


JPEG2000-standardens uppfyllelse av kriterier för stillbilsformat för långtidslagring av Digidaily-material



**”Theory without practice is empty.
Practice without theory is blind.”**

Innehåll

1. Uppdraget och avgränsningar	4
2. Huvuddragen i JPEG2000-kodningsteknik	5
2.1. Begränsningar i de gamla kodnings- och komprimeringsteknikerna	5
2.2. Den nya JPEG2000-kodningstekniken	7
3. JPEG2000-standarden	8
3.1. Bakgrund	8
3.2. De olika delarna av standarden samt pågående arbeten	9
3.3. JPEG2000-stillbilsformaten	12
3.4. Implementering av JPEG2000-stillbilsstandarden	14
4. JEG2000-standardformatens lämplighet för långtidslagring av Digidaily-material	15
4.1. Hållbarhetsfaktorer	18
4.2. Kvalitet och funktionella faktorer	22
5. Slutsatser och rekommendationer	23
6. Referenser	26

Förteckning över ingående tabeller och bilagor

- Tabell 1. De olika JPEG2000-delstandarderna vid kodning och komprimering av rasterbilder.
- Tabell 2. Allmän acceptans och användning av JPEG2000 stillbildaformat vid bla större internationella kulturarvsinstitutioner
- Tabell 3. Stöd för JPEG2000-utvecklingsverktyg i enlighet med Del 1 (JP2) och Del 2 (JPX) av JPEG2000-standarden
- Tabell 4. Applikationer som stödjer JPEG2000-filformat
- Tabell 5. Poängsättning av JPEG2000-stillbildaformatens uppfyllelse av Library av Congress´ hållbarhetsfaktorer
- Tabell 6. De tre JPEG2000-stillbildaformatens uppfyllelse av kvalitet och funktionella faktorer
- Bilaga 1. Huvudprocesser i anslutning till JPEG2000-kodning
- Bilaga 2a. Preliminära JPEG2000-implementeringsprofiler designade av KB för användning av JPEG2000-standarden enligt Del 1 (förlustgivande JP2) i Digidaily-projektet för sk arkiveringsfil
- Bilaga 2b. Preliminära JPEG2000-implementeringsprofiler designade av KB för användning av JPEG2000-standarden enligt Del 1 (förlustgivande JP2) i Digidaily-projektet för sk visningsfil
- Bilaga 2c. Sammanställning av JPEG2000-implementeringsprofiler från ett flertal internationella kulturarvsinstitutioner.

1. Uppdraget och avgränsningar

I slutet av december 2011 fick jag i uppdrag av Kungliga Biblioteket (KB), Enheten för digital produktion, att under första kvartalet av 2011 närmare utreda

- Tekniska egenskaper och funktioner hos JPEG2000-standarden med relevans för i första hand långtidslagring
- JPEG2000-standarden uppfyllelse av kriterier för långtidslagring av Digidaily-stillbildsmaterial ur såväl hållbarhets- som kvalitets- och funktionalitetssynvinkel
- Hur väl JPEG2000-stillbildsfilformaten har anammats av marknaden i allmänhet och av kulturarvsinstitutioner i synnerhet vad gäller i första hand långtidslagring av digitaliserat kulturarvsmaterial.

Uppdraget bedrivs i direkt anslutning till pågående Digidaily-projekt.

I detta samverkansprojekt mellan KB och RA (MKC-avdelningen) pågår för närvarande ett flertal utvecklingsarbeten för att senare i stor skala digitalisera (dvs massdigitalisera) och teckentolka/indexera KB:s bestånd av (pappers)dagstidningar.

Ett av målen är sedan att om möjligt använda JPEG2000-teknik i första hand för långtidslagring av Digidaily-material.

Arbetet avslutas senast 2011-03-31 med ett seminarium och överlämnande av en skriftlig rapport.

Eftersom Riksarkivet (RA) delfinansierar Digidaily-projektet är det naturligtvis viktigt att även RA förutom KB (den formella uppdragsgivaren) kan få ta del av slutsatser och rekommendationer som framförs i denna studie.

Därutöver finns det naturligtvis andra målgrupper än KB och RA som utan tvekan borde vara intresserade av JPEG2000-filformaten för såväl långsiktig lagring som daglig användning av digitaliserat kulturarvsmaterial men även redan digitalt material i form av stillbilder och video. Det gäller framförallt de kulturarvsinstitutioner (förutom KB och RA) som alla ekonomiskt bidrar till RA:s nya samordningssekretariat för digitalisering, digitalt bevarande och digital förmedling.

I anslutning till pågående omorganisation inom Riksarkivet i syfte att samordna och effektivisera alla nuvarande regionala och centrala funktioner vill jag se min JPEG2000-utredning som ett väsentligt bidrag till att göra "nya" Riksarkivet tekniskt modernare genom att till fullo utnyttja allt som JPEG2000-filformatstandarden kan erbjuda i avseende på såväl kostnadseffektiv långtidslagring som framförallt förbättrad daglig åtkomst av våra digitaliserade/digitala kulturarvsskatter. I sammanhanget bör nämnas att RA:s Digitaliseringsråd har för avsikt att inom en inte alltför avlägsen tidpunkt närmare utreda om det nu tillverkarspecifika DEJAVU-visningsformatet skulle kunna ersättas med lämpligt JPEG2000-stillbilsformat i anslutning till RA:s sk "Digitala kedja". Framförallt RA:s direkta intresse men även övriga svenska kulturarvsinstitutioners förmodade intresse för JPEG2000-standarden föranleder författaren att även beakta JPEG2000-standarden ur ett dagligt tillhandahållandeperspektiv.

Som framgår klart i nedan text erbjuder JPEG2000-standarden möjlighet att i en och samma kodström tillhandahålla en tillfredställande tekniska lösning för såväl långtidslagring som daglig åtkomst av digitaliserat kulturarvsmaterial.

Denna unika huvudegenskap hos JPEG2000-standarden bör naturligtvis såväl KB som RA och andra svenska kulturarvsinstitutioner ta fasta på.

Författaren tar i denna studie endast upp hur implementering principiellt brukar ske på grundval av sk JPEG2000-implementeringsprofiler (se avsnitt 3.4. nedan).

Hur JPEG2000-stillbilda-standarderna sedan i praktiken skall implementeras hos KB; RA och de övriga svenska kulturarvsinstitutionerna är helt och hållet ett beslut som var och en av institutionerna måste ta utifrån det digitaliserade materialets natur (konstverk; föremål; kartor; fotografier; etc) samt rådande bevarande- och tillhandahållandepolicy.

Utformning och tester av bla sk JPEG2000-implementeringsprofiler i anslutning till Digidaily-material ingår således ej i föreliggande uppdrag utan utreds separat av KB/Digidaily-projektet.

Risicanalys i samband med migrering av stillbildsfiler i ”äldre” utbytesformat (TIFF; JPEG; mfl) till tillgängliga JPEG2000-filformat behandlas ej i detta uppdrag.

I denna studie redovisas emellertid JPEG2000-standardspecifikationer för sk överensstämmelse-tester och referensimplementeringar samt fristående sk filformatverifieringsprogramvara, vilka alla är lämpliga vid risicanalys i samband med migrering av stillbildsfiler till bla JPEG2000-filformat.

Alla utmaningar vid migrering av i första hand sk TIFF-masterbilder till JPEG2000-format är naturligtvis viktiga att tackla förr eller senare eftersom JPEG2000-kodningstekniken så radikalt avviker från alla ”äldre” filformats kodnings- och komprimeringsalgoritmer. Vad händer med bildkvalitet (dvs bla skärpa och kontrast ; ton- och färgåtergivning; bildgeometri; etc) samt med ”File-header” metadata när TIFF-filer migreras till olika JPG2000-stillbildsfilformat och deras löst anslutna metadataboxar?

2. Huvuddragen i JPEG2000-kodningsteknik

2.1. Begränsningar i de gamla kodnings- och komprimeringsteknikerna

Betydande utvecklingsarbeten har skett de sista 10 åren för att ersätta äldre kodnings- och komprimeringstekniker (JPEG; LZW; ZIP; mfl) med nya effektivare och mer flexibla algoritmer [1]; [2] och [3] .

Begränsningarna i de äldre kodningsteknikerna (JPEG; LZW; ZIP; mfl) och filformat-standarderna för stillbilder (JPEG; TIFF; PNG; mfl) i förhållande till den nya JPEG2000-standarderna [4] kan sammanfattas enligt följande

- Få utvecklingsverktyg och applikationer för förlustfri (”lossless”) JPEG-stillbildskomprimering enligt den mindre kända JPEG-LS specifikation.
Alla JPEG2000-stillbildsfilformaten tillhandahåller såväl en förlustfri (”lossless”) som en förlustgivande (”lossy”) komprimeringsmöjlighet i en och samma kodad bitström.
- Dålig visuell bildkvalitet hos JPEG-formatet i jämförelse med JPEG2000-filformaten vid låga (<0.25 bits/pixel) ”bitrates” vid en och samma lossy-komprimeringskvot (dvs förekomst av artefakter såsom block- och ringbildning i bilden). Dock ger JPEG-bilder i stort sett samma eller ibland till och med bättre visuell bildkvalitet än JPEG2000-bilder vid höga ”bitrates” och likvärdig lossy-komprimeringskvot.
- En och samma JPEG-; TIFF eller JPN-kodad bild kan bara representera *en* pixeldimension åt gången av bilden ifråga. Det går således ej att i en och samma JPEG/TIFF/PNG-bildfil erhålla flera pixeldimensioner, sk ”multiple resolution”, som alltid gäller för alla JPEG2000-filformat.

- I JPEG/TIFF/PNG-filformaten är alla metadata och färginformation lagrade inom kodströmmen medan alla metadata och färginformation i JPEG2000-filformaten ligger utanför kodströmmen i form av modulärt uppbyggda sk boxar (ger betydligt större flexibilitet när nya metadatatyper i form av XML-schemata; ICC-färgprofiler; etc skall tillföras formaten).
- Sämre flexibilitet vid sk progressiv bildöverföring. Även om JPEG-filformatet tillhåller progressiv bildöverföring tillåter JPEG2000-standarden ett flertal helt unika sätt att låta användaren successivt få tillgång till hela bilden; delbilder eller endast viss bildkomponent beroende på tillgänglig överföringsbandbredd och hårdvaruprestanda hos användaren.
- JPEG/TIFF/PNG-filformaten kan ej som JPEG2000-filformaten visa endast en del av bilden (en sk ”intresseregion” (ROI – Region of Interest) med högre kvalitet (detaljåtergivning) än omgivande bildpartier.
- Bildhantering (tex in/ut-zooming; rotation; panorering) kan ske utan att först behöva dekomprimera en komprimerad JPEG2000-fil till skillnad från TIFF/JPEG-filer, vilka alltid måste dekomprimeras innan olika bilmanipulationer kan äga rum.
- JPEG/TIFF/PNG-filformaten ger till skillnad från JPEG2000-standarden (i Del 6 genom JPM-filformatet) ej möjlighet att separera olika informationsobjekt (text; bild; grafik) i en bildfil och sedan koda var och en av dessa objekt på olika sätt samt även paketera flera objektseparerade bilder i en och samma JPM-fil.
- JPEG/TIFF/PNG-filformaten är kraftigt begränsade vad gäller möjlig bildstorlek eller pixeldimension. En JPEG200-fil kan till skillnad från TIFF delas upp i ett mycket större stort antal delplattor (tiles), vilket kan ge en extremt stor kollagebild (>200 Tb).
- JPEG/TIFF/PNG-filformaten kan endast hantera ett begränsat antal kanaler (blå de tre R-G-B-kanalerna samt ska alfa- och transparenskanaler). En JPEG200-fil kan förutom ovannämnda kanaler även härbärgera sk multispektrala bilder (där det synliga spektrat kan uppdelas i maximalt 16384 kanaler i stället för i bara de tre R-G-B-kanalerna) för blå detaljerad färganalys av oljemålningar och satellitbildstolkning.
- JPEG-filformatet har sämre bitfel- och paketförlusttolerans (robusthet) än JPEG2000-filformaten. JPEG200-filformaten erbjuder realtidsbildöverföring vid begränsad bandbredd och med databuffertmöjlighet.
- I motsats till JPEG som kan implementeras på över 40 olika sätt erbjuder JPEG2000-standarden *en* enhetlig implementeringsarkitektur
- Det helt unika med de tre JPEG2000-filformaten, till skillnad från JPEG/TIFF/PNG-filformaten, är sammanfattningsvis att en och samma kodad/komprimerad JPEG2000-bitström kan överföras och avkodas/dekomprimeras på ett flertal sätt hos användaren beroende på blå tillgänglig bandbredd och utrustning (datorer; surfplattor eller mobiltelefoner); önskad bildkvalitet; bildutsnitt; bildkomponent eller bildobjekt (dvs mycket hög skalbarhet).

Till skillnad från JPEG-filformatet kräver emellertid JPEG2000-filformatens komplexa kodningsarkitektur betydligt större datorkapacitet vid såväl kodning/komprimering som avkodning/dekomprimering av stillbilder.

2.2. Den nya JPEG2000-kodningstekniken

Det ligger utanför detta uppdrag att ge en detaljerad teknisk-matematisk redovisning av alla de ibland mycket invecklade processer, vilka är involverade i JPEG2000-kodning.

För att i praktiken till fullo förstå alla dessa processer krävs ingående kunskaper i såväl signalbehandling som olika matematiska beräknings- och analysmetoder (linjär- och matrisalgebra; regressions- och Fourieranalys; mfl) samt även i sannolikhetslära.

JPEG2000-kodning innefattar datanedbrytning; datatransformering; datareducering; kvantisering; kodning; komprimering samt avslutande strukturering och paketering av erhållen bit- och kodström [4]; [5]; [6]; [7] och [8].

Det primära målet med alla dessa bildmanipulationer är att avkodaren senare skall kunna tolka kodad/överförd bitström på ett korrekt och optimalt sätt.

Ingående bilddata till JPEG2000-kodaren och följaktligen motsvarande bilddata utgående från avkodaren kan delas upp i följande strukturella komponenter i minskande storlek:

- ”*Components*” (Komponenter kan tex vara olika färgkanalerna i en bildfil.)
- ”*Tiles*” (Varje komponent är i sin tur indelade i ett godtyckligt antal lika stora rektangulära sk ”tiles” eller plattor av valfri storlek som kodas var för sig.)
- ”*Subband*” (Wavelet-transformering av varje platta per komponent resulterar alltid i ett antal mindre enheter benämnda subband, vilka kodas var för sig. Subband representerar olika rumsliga sk frekvenskomponenter.)
- ”*Precints*” (”Precints” (hittar ingen svensk översättning till ”precint”) utgörs av en grupp nedan beskrivna sk ”code blocks” (kodblock). I kodströmmen används dessa ”percints” istället för ”bits” för att representera all bildinformation i en viss (rumslig) bildregion på en viss upplösningsnivå.)
- ”*Code blocks*” (Efter kvantisering har alla subband indelas i ett antal mindre beståndsdelar benämnda ”code blocks” (kodblock), vilka var och en har en maximal pixeldimensionen av 64x64. Dessa kodblock kodas var för sig av den sk EBOT (Embedded Block Coding with Optimal Truncation)-kodningsmotorn.)

Kodströmmens datastruktur innehåller följande komponenter i ökande storlek:

- *Kodade ”Code blocks*” (Det vill säga resulterande kodblock efter ovannämnda EBOT-kodning, vilka som sagt är de minst komponenterna i en JPEG2000-kodström.)
- ”*Packet*” (Paket är huvuddataenheter i kodströmmen. Ett paket innehåller alla kodade kodblock från en specifik ”precint” i en ”tile” i ett visst nedan beskrivet kvalitetslager.)
- ”*Quality layers*” (Begreppet kvalitetslager har införts för att en avkodare valfritt skall kunna avbryta (trunkera) en kodström i syfte att tex erhålla endast en specifik rumslig region i den JPEG2000-kodade bilden (grunden till JPEG2000-filformatens skalbarhet.) Detta är unikt för JPEG2000-kodningsteknik eftersom den önskade bitströmmen ej behövs omkodas/omavkodas utan kan extraheras som en delmängd i den totalt tillgängliga

kodströmmen. De lägre kvalitetslagren skall alltid placeras i början och de högre kvalitetslagren i slutet av kodströmmen för att önskad trunkering skall fungera.)

- ”Resolution levels” (Upplösningsnivåer är nära relaterade till de olika sk subband-baserade rumsliga frekvenskomponenterna som skapas i samband med den nedbrytande wavelet-transformeringen.)

Jag har valt att redovisa JPEG2000-huvudkodningsprocesser i **bilaga 1** för att inte överbelasta huvudtexten med ytterligare stundtals såväl svårförståeliga som svårförklarliga bildmanipuleringsätt.

3. JPEG2000-standarden

3.1. Bakgrund

Med utgångspunkt från Ahmad Zandis banbrytande pionjärarybete inom såväl förlustfri som förlustgivande wavelet-baserad komprimering av digitala medicinska bilder i mitten av 1990-talet intresserade sig utvecklare vid Ricoh (i USA) för Zandis arbete.

Ricoh [1]; [2] ville vidareutveckla Zandis grundläggande kodningsteknik att framförallt omfatta ett kodningssystem som i princip ur en och samma kodad bitström skulle kunna extrahera och överföra endast den mängd bilddata som efterfrågas av avkodaren (viewern/användaren).

Det är sedan avkodaren som helt bestämmer vilken bildkvalitet (en lågupplöst översiktsbild eller en högupplöst bild för detaljstudier på bildskärm eller för tryck) som skall överföras till mottagaren (sk bildskalbarhet) samt även hur överförd bilddata successivt skall presenteras på mottagarens bildskärm (sk progressiv bildöverföring).

En annan ambition hos Ricoh-utvecklare var att kunna visa ett/flera delområde/-n i den överförda kodade bitströmmen som uppvisar högre kvalitet (upplösning) än omgivande bildpartier (en sk Region-of-Interest (ROI)- eller ”intresseregion”-kodning” på svenska).

Ricoh i USA fick JPEG (Joint Photographic Expert Group)-kommittén att intressera sig för deras utvecklingsarbete inom wavelet-baserad kodnings- och komprimeringsteknik för i första hand stillbilder men senare även för rörliga (still)bilder.

När JPEG-standardiseringskommittén inom ISO (”Joint Technical Committee ISOAEC JTC1, Subcommittee SC2, Coding of audio, picture, multimedia and hypermedia information in collaboration with ITU-T”) tog över Ricohs utvecklingsarbete i slutet av 1990-talet var huvudsyftet att ersätta det förlegade DCT (Discrete Cosinus Transform)-baserade standarden för kodning och komprimering av bilder från 1994 (JPEG) med en nyutvecklad, mer flexibel och funktionsrik, DWT (Discrete Wavelet Transform)-baserade bildkodning (JPEG2000). Standardiseringsgruppen hade även ambitioner att tillföra den föreslagna JPEG2000-standarden helt eller delvis nya bildhanteringsfunktioner och förbättringar i förhållande till framförallt befintlig JPEG-standard.

I avsnitt 2.1 ovan framgår vilka nya bildhanteringsfunktioner och faciliteter som JPEG2000-stillbilsstandarden idag kan erbjuda många discipliner (medicin; geovetenskap; rymdforskning; rättsväsendet; bibliotek; museér; arkiv; digitalbio) inom ett flertal tillämpningsområden (röntgenbildshantering; GIS; satellitbildsöverföring; kamerabildsövervakning; webbtillgängliga dagstidningar; digital långtidslagring och digitalvideo).

3.2. De olika delarna av standarden samt pågående arbeten

JPEG2000-standarden är i sin nuvarande skepnad mycket omfattande (består av totalt 12 delar, Del 1-6 och 8-13; Del 7 har utgått) [9].

Till varje del finns ett stort antal tillägg, vilka tekniskt detaljerat beskriver hur man går tillväga för att implementera respektive del i JPEG2000-standardens. Alla delar och tillägg förändras (uppdateras) kontinuerligt.

Standarden är ytterst flexibel eftersom den inte berör hur en kodare i detalj skall implementera JPEG2000-funktionalitet i en applikation utan endast tillhandahåller algoritmer; flödesschemata; etc för att en implementering skall vara förenlig med JPEG2000-standarddelen i fråga. Denna flexibilitet i kombination med standardens komplexitet kan tyvärr lätt resultera i inkompatibilitet mellan olika implementeringar samt att utvecklare ej gör sitt yttersta för att införa önskvärda JPEG2000-funktioner i en applikation (kan bero på att de bla inte orkar skaffa sig tillräckligt djupgående kunskaper om JPEG2000-tekniken). Framtida vidareutvecklingar och förbättringar av JPEG2000-standardens underlättas emellertid av JPEG2000-standardens öppna och flexibla kodningsarkitektur.

Standarden tillhandahåller flera filformat (för såväl 2D/3D-stillbilder som rörliga bilder i anslutning till digitalvideo), vilka alla paketerar den kodade och komprimerade eller okomprimerade bitströmmen tillsammans med nödvändiga bildkvalitetsdata (pixeldimension; bitdjup; etc) och metadata (XML-schemata; färgrymder/ICC-färgprofil; mm) för att bilden skall kunna tolkas och användas på rätt sätt.

Inom JPEG2000-standardfamiljen finns även en specifikation för bildhantering i anslutning till server-klient-lösningar (JPIP) ; möjlighet att utföra överensstämmelse tester; källkodpaket för referensimplementationer samt en standarddel för införande av säkerhets- och krypteringsfunktioner.

Författaren hävdar bestämt att nästan alla idag tillgängliga delar av JPEG2000-standardens men även kommande delar (redovisade sist i detta avsnitt) kommer att ha en enorm betydelse för hur bland annat kulturarvsområdet i en nära framtid löser sina stora tekniska och ekonomiska utmaningar vad gäller såväl digital långtidslagring som daglig användning och spridning av digitalt material (2D/3D-stillbilder och rörliga (still)bilder med tillhörande metadata).

Avgränsningar i föreliggande uppdrag tillåter emellertid ej att i denna studie närmare gå in på den mycket omfattande flora av tekniska funktioner och faciliteter som JPEG2000-standardens i sin helhet idag tillhandahåller eller snart kommer att vara tillgängliga.

Nedan följer en kort redovisning av redan utgivna JPEG2000-standarddelar, vilka även översiktligt sammanställts i [tabell 1 \[10\]](#).

Författaren har efter bästa förmåga försökt översätta den ursprungliga engelska tabelltexten till svenska. Några engelska tekniska termer och begrepp är emellertid inte helt lättbegripliga eller svåra att hitta relevanta svenska översättningar till.

JPEG2000-Del 1 (ISO/IEC 15444-1:2000)

I del 1 specificeras endast de minsta antal komponenter/funktioner som måste ingå i en JPEG2000-kodare (ett sk ”Core Coding System” eller ett ”baskodningssystem”, fritt översatt till svenska av författaren) för att vara förenlig med JPEG2000-standarden i fråga.

Därmed kan förhoppningsvis ett så stort antal utrustningar/applikationer som möjligt implementera en minimal JPEG2000-kodare i avseende på funktionalitet (blå bildkvalitet; bildkomprimering och bildöverföring).

Detta angreppssätt underlättar sedan avkodning/dekomprimering av digitala bilder oavsett vilken kodare som användes när de digitala bilderna kodades/komprimerades.

Till Del 1 av JPEG2000-standarden är kopplat en utbytesformat benämnt JP2.

JPEG2000-Del 2 (ISO/IEC 15444-2:2001)

Del 2 består av en samling tilläggsfunktioner, vilka av olika skäl ej kunde inkluderas i Del 1. All den extrafunktionalitet som valfritt implementeras i en applikation utifrån önskemål och krav från användaren. Det är framförallt kodströmsflexibilitet (blå valfri wavelet-nedbrytning och komponentomvandling) samt utökade möjligheter till geometrisk bildmanipulation (dvs zoomning; rotation och panorering ned på minsta bildkomponent samt färg-; ROI (”Intresseregion”)- och metadatahantering som utmärker Del 2.

En JPEG2000-bild specificerad enligt Del 2 kan vara helt kompatibel med en Del 1-kodningsspecifikation eller helt avvika från den senare. I det senare fallet kan inte en Del 1-avkodare avläsa en Del 2-bild. Del 2-specifikationen tillåter ett stort antal välkända såväl förlustfri som förlustgivande komprimeringssätt (Jpeg2000-Del 1-komprimering; faxgrupp 3/4; JBIG 1/2 och även JPEG DCT/L-S). Kodad bitsröm enligt Del 2 paketeras i ett utbytesformat kallat JPX .

JPEG2000-Del 3 (ISO/IEC 15444-3:2001)

Del 3 definierar såväl ett kodnings- och komprimeringssätt optimalt för en tidsekvens av JPEG2000-bilder som ett utbytesformat för ”motion-JPEG2000” (JPEG2000-video) benämnt MJ2.

JPEG2000-Del 4 (ISO/IEC 15444-4:2002)

Del 4 berör metoder och praktiska anvisningar för att kunna konfirmera att implementerad kodnings- och avkodningssätt överensstämmer med JPEG2000-standarens Del 1-specifikation. Ingen översensstämme-specifikation finns (ännu) för JPX- eller JPM-formatet.

JPEG2000-Del 5 (ISO/IEC 15444-5:2001)

Del 5 tillhandahåller källkod (i enlighet med ”open-source”-begreppet) för att kunna implementera JPEG2000-funktioner enligt Del 1-specifikation i olika applikationer.

JPEG2000-Del 6 (ISO/IEC 15444-6:2005)

Denna specifikation (”Mixed Raster Content, MRC”) beskriver såväl en lagerbaserad bildhanteringsmodell som en exakt syntax hur dessa bilddatalager skall transporteras i en kodad bitström för att slutligen avkodas hos användaren.

Nyckeln till MRC-teknikens framgång ligger i att på ett effektivt sätt först kunna dela upp en bildfils olika informationstyper (bild; text och grafik) på ett innehållsanpassat sätt (”Content-Adaptivity”) och sedan komprimera varje informationslager var för sig med tillgängliga CODEC (COmpression/DECompression)-tekniker (”lossy/lossless” JPEG2000; JPEG; JBIG 1/2 eller FAX G 3/4).

I praktiken delas en bildfils tre innehållstyper (bild, text och grafik) först upp i ett sk förgrunds- och ett bakgrundsbildlager vilka sammankopplas med sk bitonalt textmask.

De två bildlagren (innehållande färglagd text/grafik och svartvita/färglagda fotografier) komprimeras lämpligen enligt "lossy" JPEG2000-teknik och textmasken (innehållande endast text) enligt lossless JBIG- eller FAX G4/3-teknik.

Del 6 av JPEG2000-standardfamiljen har givit upphov till JPEG2000-utbytesformatet JPM. MRC-tekniken är främst utvecklad för att kunna hantera alla ovan nämnda innehållstyper i sk sammansatta dokument ("Compound Documents") såsom tidningar och borde därför i princip vara intressant för Digidaily-material.

JPEG2000-Del 8 (ISO/IEC 15444-8:2006)

I Del 8 (JPSEC) beskrivs tekniskt hur man implementerar säkerhets- och krypteringsfunktioner i en JPEG2000-fil.

JPEG2000-Del 9 (ISO/IEC 15444-9:2004)

Del 9 (JPIP) ger tekniska anvisningar hur man lämpligen bör bygga datakommunikationslösningar (dvs utforma API-er och använda server-klient-protokoll) förenliga med denna JPEG2000-standard.

JPEG2000-Del 10 (ISO/IEC 15444-10:2008)

Del 10 (JP3D) berör kodning av bitströmmar i anslutning till 3D-bildobjekt.

JPEG2000-Del 11 (ISO/IEC 15444-11:2007)

Del 11 (JPWL) omfattar JPEG2000-kodnings- och komprimeringsteknik för bildöverföring i trådlösa nätverk.

JPEG2000-Del 12 (ISO/IEC 15444-12:2003)

Den tekniska specifikationen i Del 12 är i praktiken en vidareutveckling av Del 3 ("Motion JPEG2000") i samarbete med MPEG (Motion Picture Experts Group)-kommittén.

JPEG2000-Del 13 (ISO/IEC 15444-13:2003)

Del 13 behandlar i praktiken det som skulle specificeras i den nu övergivna Del 7 nämligen detaljerade beskrivningar av ett antal referensimplementeringar på olika hård och mjukvaruplattformar i anslutning till Del 1.

Inom följande JPEG2000-relaterade teknikområden pågår standardiseringsarbeten:

- *"JPSearch"*: Detta arbete berör bla definitioner av protokoll och användargränssnitt för att underlätta namngivning; sökning och återvinning av digitala bilder och bildsekvenser på olika hård- och mjukvaruplattformar.
- *"JPEG XR"*: En ansats i likhet med Microsoft's satsning på HD Photo för att öka komprimeringsprestanda i anslutning till bla högkvalitativ digitalfotografering men med mindre komplexitet än rådande JPEG2000-komprimeringsalgoritm. I sammanhanget bör nämnas att Microsoft nyligen har lagt fram ett förslag till JPEG2000-kommittén att framledes få sitt HD Photo format (i förslaget benämnt WD Photo) antagit som en framtida ISO-stillbilda-standard.
- *"Advanced Image Coding and Evaluation Methodologies"* (AIC): AIC-arbetet är ett försök att ta fram mer tillförlitliga metoder; nya parametrar samt verktyg än rådande för att med hjälp av såväl sk parameterstyrda mätningar som "mjuka" mänskliga visuella bedömningar utvärdera synbara skillnader i bildkvalitet mellan en komprimerad bild och ursprungsbilden. Målet är även att få bättre korrelation mellan resultat från dessa två sätt att utvärdera bildkvalitet.

3.3. JPEG2000-stillbilsformaten

Huvudsaklig källor till sammanställningar av struktur och funktionalitet vad gäller JPEG2000-stillbilsformaten JP2; JPX och JPM i detta avsnitt är [9]; [11] och [12].

För att praktiskt kunna använda JPEG2000-kodningsteknik i en applikation måste en behållare skapas som knyter ihop kodstömmen (dvs den samling bitar som innehåller såväl komprimerade eller okomprimerad bilddata som nödvändiga parametrar för tolkning av den) med all den information som entydigt beskriver bilden i fråga (pixeldimension; bitdjup; färginformation; olika typer av metadata; etc).

Det är denna behållare i kombination med kodströmssyntaxen samt tillhörande bildkvalitetsdata; färginformation och metadata som utgör själva filformatet.

Kodströmssyntaxen beskriver i princip de metoder som behövs för att tolka kodströmmen och senare även kunna avkoda kodströmmens komprimerade eller okomprimerade bilddata.

Relationen mellan de tre JPEG2000-stillbilsformaten kan liknas med en rysk docka, vilken innerst inne består av en liten "gemensam" grunddocka (motsvarande grundfilformatet JP2) och de två nästkommande successivt större dockorna (motsvarande JP2- respektive JPM-filformatet), vilka bägge inrymmer denna lilla grunddocka.

Det yttre två större dockorna (dvs JPX och JPM) med mer funktionalitet innehåller således alltid de grundfunktioner som den lilla grunddockan (dvs JP2) erbjuder.

Dock bör redan här betonas att kodningsenkelheten minskar betydligt när man går från grundformatet JP2 till JPX- och JPM-filformatet samtidigt som tillgången till flera funktioner som sagt ökar. Här gäller det således att göra en väl genomtänkt avvägning mellan önskvärd funktionalitet och framförallt interoperabilitet.

En följd av ökad kodningskomplexitet är att tillgång till utvecklingsverktyg och applikationer minskar märkbart när man går från JP2 till JPX och JPM.

Chansen att man i framtiden råkar ut för eventuella juridiska patent- och licensvister är likaledes betydligt större om man väljer de idag patent- och licensreglerade JPEG2000-stillbilsfilformaten JPX och JPM med högre kodningskomplexitet (dvs byggda på samverkan mellan många involverade företags tekniska innovationer) än det (idag) patent- och licensfria JP2-grundformatet. Varje patent är emellertid alltid tidsbegränsat och även mer eller mindre bundna till endast vissa geografiska regioner (dvs blir för eller senare patentfria).

I princip består en JPEG2000-fil av en sekvens över- och underordnade boxar eller ett aggregat av boxar (sk superboxar), vilka var och en inleds med ett sk headerfält följt av ett antal sk innehållsfält (längd-; typ- och datafält).

Längdfältet specificerar mängden data i en box (i bytes) samt inkluderar även alla boxars headerfält.

Därmed kan man enkelt navigera inom filen med hjälp av längdfältsinformation samt även hoppa över vissa boxar. Typfältet anger typ av datainnehåll samt hur datafält skall tolkas.

Överst i varje boxhierarchy inom en och samma JPEG2000-fil placeras alltid en sk signaturbox, vilken entydigt identifierar filen i fråga som en medlem i JPEG2000-filformatfamiljen.

Därunder placeras en sk filtypbox, vilken identifierar den familjemedlem som filen tillhör (JP2; JPX eller JPM) samt ger även versionnummer; kompatibilitet- och sk profilinformation. JP2-, JPX- eller JPM-boxen som sedan följer är en sk superbox (dvs ett aggregat av "mindre" boxar), vilken innehåller boxar med bildkvalitets- och färgparametrar för att kunna återge bilden på ett korrekt och önskvärd sätt.

En JP2-fil avslutas med endast en kodströmsbox medan en JPX- och JPM-fil kan innehålla flera kodströmsboxar.

En kodströmsbox kan innehålla flera komponenter (inklusive multispektrala komponenter) och kan anropas i valfri ordning eftersom alla komponenter är länkade till JP2-filens inledande headerfält (dvs den blåa kanalen tex kan presenteras före den röda kanalen i en RGB-bildfil).

JP2- filformaten stödjer idag direkt endast två relative begränsade färgkodningssätt: sRGB-familjen (sRGB; sYCC och en icke-linjär luminans- eller gråskalevariant av sRGB) samt begränsade ICC-färgprofiler indirekt.

Med ”begränsade ICC-färgprofiler indirekt” menas att endast monokroma och sk tre-komponent-matris-baserade input-ICC-profiler (tex profiler för densitetsvärden samt ProPhotoRGB; AdobeRGB1998; mfl med större färgrymd än sRGB) kan hanteras genom att inbädda ICC-färgprofilen i frågavarande i JP2-fil (dock formellt inga sk display-ICC-profiler).

Som nyliga ICC-profilundersökningar utförda av nederländska nationalbiblioteket visar (enligt muntlig information från Hans van Dormolen vid mitt CEBIT2011-besök i mars 2011) råder emellertid nästan total förvirring vad gäller input-ICC- kontra display-ICC-profil-hantering i anslutning till JP2-filformatets begränsade indirekta ICC-profilstöd. Vissa JPEG2000-kodare skapar, utan någon som helst förvarning, en JPX-fil med inbäddad input-ICC-profil (och inte en förväntad JP2-fil med inbäddad display-ICC-profil) om kodaren upptäcker en icke-input-ICC-profil (dvs bla en display-ICC-profil) medan andra JPEG2000-kodare helt enkelt struntar i att bädda in vare sig input- eller display-ICC-profiler.

Förhoppningsvis kommer dessa allvarliga begränsningar att rättas till av JPEG-arbetsgruppen i ett framtida JP2-specifikationstillägg men det kan ta tid.

För att få tillgång till andra färgkodningssätt eller färgrymder än ovannämnda sRGB-familj (tex CIE-LAB) och i princip kunna bädda in vilken ICC-inputprofil som helst (dvs ej endast ovannämnda sk tre-komponent-matris-baserade ”input”-profiler) krävs att JPX- eller JPM-filformatet används.

I likhet med färginformation kan olika typer av metadata (produktionstekniska; kontextuella och administrativa) hanteras med hjälp av boxar.

JPEG-standardiseringsgruppen tillhandahåller endast ett ramverk för hur olika typer av metadata skall hanteras i anslutning till JP2-filformatet. Det är andra organisationer utanför JPEG-standardiseringsgruppen som definierar metadataelement och kodningssätt.

För närvarande kan JP2-filformatet härbärgera två typer av metadataboxar: sk ASCII-baserade XML-boxar med XML-formaterad metadata och sk binära UUID (Universal Unique Identifier)-boxar med binärdata (tex sk IPCT- och GML-baserad rumslig geografisk information samt EXIF-bilddata).

Det bör i detta sammanhang även nämnas att nederländska nationalbiblioteket (enligt muntlig information från Hans van Dormolen i mars 2011) upptäckt oförenligheter vad gäller olika JP2-kodares hantering av ”capture resolution” parametern i TIFF-filheadern när detta parametervärde skall överföras till JP2-filens motsvarande ”grid resolution” box vid konvertering. Till skillnad från JP2-formatet har JPX-formatet inbyggt stöd för utökade metadatadefinitioner enligt den sk DIG35-specifikationen,.

DIG35-specifikationen tillhandahåller bla XML-kodade metdataschemata för bildskapande (”Image creation”); innehållsbeskrivning (”Content Description”; historik (”History”); upphovsrättigheter (Intellectual Property Rights) och bildidentifierare (Image Identifier).

JPX-filformatet (specifiserad i Del 2 av JPEG2000-standarden) erbjuder ökad funktionalitet jämfört med JP2 och har bla möjlighet att fördela (fragmentera) kodströmmen över flera boxar i filen samt även sprida kodströmmen över Intranet/Internet

Mycket stora bildkollage på över 200 Tb innehållande 1000-tals mindre delbilder ("tiles") kan hanteras effektivt av JPX-filformatet. Dessa delbilder kan splittras upp eller föras samman på olika sätt genom detaljerade delbildsinstruktioner.

Som tidigare nämnts stödjer JPX-formatet i princip alla typer av ICC-färgprofiler och tillgängliga färgrymder.

JPX-formatet har ett betydligt mer sofistikerat sätt att hantera sk ROIs ("Regions of Interest") än JP2. Via en sk etikettbox ("label box"), innehållande en textsträng och en ROI-beskrivningsbox, kan en JPX-fil lokalisera och ange storleken på en elipsoid eller rektangulär intresseregion (ROI).

Genom ytterligare en JPX-specialbox kallad associationsbox ("Association box", av superboxkaraktär) kan tex GML-kodade geografiska metadata länkas till en specifik region i bilden.

Av interoperabilitetsskäl innehåller JPX-formatet i sitt grundutförande ("baseline JPX") emellertid ej några etikettboxar; ROI-beskrivningsboxar eller associationsboxar.

Del 6 av JPEG2000-standarden definierar JPM-formatet, vilket på ett flexibelt sätt kan hantera sk sammansatta dokument ("Compound documents").

En JPM-fil består i princip av en eller flera sidor (en sidsamling), vilka var och en i sin tur är uppdelade i ett antal sk layoutobjekt (kan vara fotografier; text och grafik).

Det bitonala textobjektet (en sk mask) komprimeras normalt ej för att få hög kantskärpa (läsbarhet) medan foto- och grafikdelarna (sk bildobjekt) kan komprimeras med en mindre förlustgivande komprimering i tex 24-bitars bitdjup utan nämnvärd sämre visuell återgivning. Varje bildobjekt paras sedan ihop med textmasken på en och samma sida (bildar ett sk MCR ("Mixed Raster Content")-par).

Sidorna med en eller flera MCR-par samlas sedan ihop till en sidsamling och paketeras som en JPM-fil.

I likhet med JPX-filformatet kan JMP-sidor i en sidsamling spridas (fragmenteras) över flera fysiska lagringseinheter (hårddiskar) eller IP-adresser på webben.

3.4. Implementering av JPEG2000-stillbilda-standard

Implementeringar av de olika JPEG2000-stillbildsfilformaten sker i praktiken med hjälp av sk tillämpningsspecifika JPEG2000-implementeringsprofiler [13].

En JPEG2000-implementeringsprofil kan betraktas som en tabell där värden på alla parametrar för en av viss JPEG2000-filformattyp definieras entydigt i anslutning till

- a. kodning/komprimering
- b. bildkvalitet/färgåtergivning samt
- c. strukturering och innehåll av metadata

Utformning av en JPEG2000-profiltabell för grundfilformatet JP2 inleds ofta med att man med hjälp av praktiska kodnings- och komprimeringstester försöker fastställa hur ett visst bitrate-värde eller en viss komprimeringskvot för en komprimerad referensbild förhåller sig till motsvarande okomprimerad referensbild i avseende på detalj-; ton- och färgåtergivning.

Därefter väljs önskad komprimering (dvs irreversibel/lossy eller reversibelt/lossless komprimering); en av de fem möjliga förvalda progressivitetsordningarna vid bildöverföring

(se Bilaga 1); önskat antal upplösningssnivåer; sk kodblock-storlek samt hur olika markeringar och symboler ("Markers" och "Symbols") skall inordnas i kodströmmen för att flexibelt kunna trunkera (avbryta) kodströmmen.

För att definiera sk rumslig adresserbarhet (dvs göra det möjligt att i kodströmmen extrahera och avkoda en specifikt region) fastställs storlek på såväl "tiles" som "precints" om dessa komponenter skall förekomma i JPEG2000-bilden.

Kodningseffektivitet fastställs sedan genom att bestämma kodblock-storlek; antal sk upplösningssnivåer och eventuellt även välja sk "bypass coding" läge.

Sedan specificeras bla bildkvalitetsparametrarna pixeldimension; bitdjup; typ av färgrymd/ICC-färgprofil samt hur olika typer av metadata skall struktureras samt även vilka typer av metadata som skall inkluderas.

I **bilaga 2a och 2b** redovisas preliminära JPEG2000-implementeringsprofiler designade av KB för användning av JPEG2000-standarden enligt Del 1 (förlustgivande JP2) i Digidaily-projektet för sk arkiveringsfil respektive visningsfil samt i **bilaga 2c** en sammanställning av JPEG2000-implementeringsprofiler från ett flertal internationella kulturarvsinstitutioner.

Varje JPEG2000-implementeringsprofil definieras alltid utifrån den/de tillämpningar den är avsedd för (tex daglig användning av JPEG2000-standarden för bildskärmsvisning och utskrift eller för långtidslagring).

Framtagning och utvärdering av olika JPEG2000-implementeringsprofiler i anslutning till långtidslagring och daglig tillgänglighet av Digidaily-material görs separat av KB/MKC utanför föreliggande utredningsuppdrag.

4. JEG2000-standardformatens lämplighet för långtidslagring av Digidaily-stillbilder

Att lösa uppdragets huvuduppgift det vill säga huruvida JPEG2000-standardens filformat är lämpliga för långtidslagring av Digidaily-projektets digitala material är inte en helt enkel uppgift vid närmare betraktelse.

Uppdraget försvåras framförallt av att det råder viss brist på samsyn vad gäller förslag till kriterier vid val av lämpliga filformat för långtidslagring av olika typer av informationskategorier (bla stillbilder).

Detta beror huvudsakligen på att kriterierna är framtagna och fastställda av såväl olika kulturarvsinstitutioner (arkiv; museer och bibliotek) som olika företrädare för dessa institutioner (informationsägare; depåansvariga; systemutvecklare; mfl) med delvis olika uppfattningar om vilka hållbarhetsfaktorer samt bildkvalitetsegenskaper och övrig bildfunktionalitet som är viktigast i samband med långsiktigt digitalt bevarande.

Att sedan ibland ett och samma kriterium uttrycks med olika termer och att ett underkriterium i en källas kriterieöversikt kan återfinnas som ett huvudkriterium i en annan källas översikt gör inte uppdraget lättare.

Kriterierna är även nedbrutna samt rangordnade eller viktade på ett flertal olika sätt.

Filformatbegreppet behandlas ej explicit i OAIS (Open Archival Information System)-referensmodellen utan berörs endast i anslutning till hur information i allmänhet kan representeras (sk digitala objekt).

Däremot har väl etablerade kriterieöversikter för val av filformat vid långsiktigt digitalt bevarande (sk formatregister) framtagits och fastställts av de större nationella kulturarvsinstitutioner; bla National Archives UK's PRONOM Digital Format Register [14] och Library of Congress' Digital Formats Register [15].

Dessa finns oftast tillgängliga på webben och uppdateras/förändras allt eftersom nya filformat dyker upp på marknaden och gamla tillförs ny funktionalitet.

Gemensamt för alla dessa något disparata formatregister är emellertid att de är utformade och fastställda för bedömning av filformats lämplighet vid följande två långsiktiga bevarandesituationer:

- Skapande av nya digitala reproduktioner (datafiler) från olika analoga informationskategorier (text; stillbilder; ljud och video) för långtidslagring av dessa nya datafiler i de filformat som de skapades (dvs utan ytterligare konvertering)
- Konvertering och migrering av redan existerande datafiler (såväl "digital born" som datafiler skapade tidigare från digitaliserat material) till nytt filformat för långtidslagring.

I sammanhanget bör även betonas att begreppet "filformat" på intet sätt är entydigt definierat av de stora minnesinstitutionerna.

Av ett flertal publicerade och mer eller mindre allmänt accepterade definitioner anser jag att definitionen på ett filformat uttrycks klarast i InterPARES [16] och är samtidigt mest relevant för Digidaily-projektet.

Det lyder fritt översatt av mig från engelska enligt följande: "organisationen av data inom filer skapade för att underlätta lagring; åtkomst; bearbetning; presentation och/eller överföring av data genom mjukvara".

De formatkriterier som nedan beskrivs i samband med långtidslagring av nyskapat digitalt material, som är fallet med Digidaily-materialet, bör logiskt sett även vara tillämpliga för långtidslagring av redan existerande digitalt material efter konvertering till lämpligt stillbildsfilformat och efterföljande migrering till någon typ av databärare.

Som nämnts tidigare ligger JPEG2000-filformatens verkliga styrka i att en och samma kodad, komprimerad och förpackad bitström kan användas för att skapa ett flertal såväl högupplösta matematiskt "lossless" sk masterbildfiler för långtidslagring som olika typer av dagligt användbara (skalbara) "lossy" eller visuellt "lossless" sk surrogatbildfiler.

Följaktligen kan nedan kriterieurval och sammanställning även bilda underlag för kriterier vid val av filformat för daglig tillgänglighet (sk visningsformat för bildskärmsvisning och utskrift) eftersom det är en och samma kodad och strukturerad bitström som utgör underlag för såväl master- som surrogatbildfilen.

Som nämnts inledningsvis skulle möjligen nuvarande tillverkarspecifika DEJAVU-visningsfiler (dvs icke ISO-standardiserade) i RA:s "Digitala kedja" kunna ersättas med JPEG2000-visningsfiler utifrån nyskapade lossless JPEG2000-långtidslagringsfiler på grundval drygt 100 miljoner sk TIFF-masterfiler.

Dock bör långtidslagrings- och visnings-JPEG2000-filerna alltid designas utifrån olika JPEG2000-implementeringsprofiler (se avsnitt 3.4. ovan).

JPEG2000-formatens unika egenskaper att i en och samma fil kunna härbärgera såväl en förlustfritt komprimerad masterbildfil som en skalbar surrogatfil med förlustgivande komprimering kommer att innebära betydande kostnadsbesparingar vad gäller fysisk lagring och filadministration (dvs de idag två traditionella fysiska master- och surrogatfilerna smälter samman i en ”global” JPEG2000-fil).

Även dagligt tillhandahållande av redan digitalt (”born digital”) och digitaliserat material kommer att ändras radikalt: det är användarens utrustning (stationär dator; surfplatta; mobiltelefon) och typ av nätverk/bandbredd (fast eller trådlöst nätverk) som kommer att bestämma erhållen bildkvalitet och bildåtkomsttid.

JPEG2000-formatens mångsidiga kodnings- och komprimeringssätt samt varierande överföringsmöjligheter gör dem alla, som nämnts tidigare, till mycket lämpliga kandidater vid dagligt tillgängliggörande av digitalt dagstidningsmaterial.

Om man enbart utgår från tillgänglig funktionalitet borde JPM-formatet enligt min mening vara huvudkandidat för daglig tillgänglighet av Digidaily-material med formatets unika MRC (MixRasterContent)-karaktär helt skräddarsydd för framförallt moderna dagstidningar med såväl svartvit text; varierande typsnitt/grafik som färglagda foton (se avsnitt 3.3 ovan). Även om det ur produktivitetsskäl är mest optimalt att lagra skannat Digidaily-material direkt som en JPEG2000-masterfil vid själva skanningstillfället bör dock KB initialt välja att spara alla nyskapade Digidaily-filer som okomprimerade TIFF-filer. Huvudskälet till denna mer eller mindre tillfälliga lösning är att KB måste förvissa sig om att vald JPEG2000-kodare (applikation) verkligen genererar önskvärd JPEG2000-fil i avseende på bildkvalitet; bildfunktionalitet samt ICC-färgprofil- och metadata innehåll. När KB har konstaterat detta genom tillgängliga överensstämmelse- och filformatverifieringstester bör skannat Digidaily-material kunna lagras direkt som JPEG2000-masterfiler.

Denna studie har i princip utgått från huvudkriteriergrupperna ”Sustainability factors” (Hållbarhetsfaktorer) och ”Quality and functional factors” (Kvalitet och funktionella faktorer) i ”Library of Congress’ Digital Formats Register” (nedan kallat LC:s formatregister) för att fastställa om JPEG2000-standardens tillgängliga stillbildsfilformat är lämpliga i samband med långtidslagring av Digidaily-material.

De olika underkriteriegrupperna i huvudgruppen Hållbarhetsfaktorer är på intet sätt entydigt definierade utan kan uttryckas med många andra likvärdiga system- eller arkivtekniska termer (synonymer) och begrepp.

Eftersom gränserna mellan underkriteriegrupperna i huvudkriteriegruppen Hållbarhetsfaktorer är delvis överlappande kan karakteristiska filformategenskaper som inordnats av LC i en underkriteriegrupp lika gärna ingå i en annan grupp (tex de överlappande underkategorigrupperna ”Disclosure” och ”Documentation”).

I ljuset av JPEG2000-filformatens mångfassetterade karaktärer och rika funktionalitet tycker jag att det är svårt att passa in dem i LC:s fem underkriteriegrupper vad gäller Kvalitet och funktionella faktorer, vilka antingen är väldigt detaljerade (”Support for graphic effects and typography”) eller alltför allmänt hållna (”Normal rendering for still images”).

LC:s filformaregister och även andra liknande register (PRONOM) för bla stillbilder verkar vara alltför övergripande och trubbiga för att på ett systemetiskt sätt kunna utvärdera bildkvalitet och bildfunktionalitet som dagens nya bildfilsformat (framförallt JPEG2000-filformaten) erbjuder.

Dessa filformatregister beaktar ej heller att ett och samma filformat faktiskt kan användas för såväl digital långtidslagring som daglig användning för bildskärmsvisning, utskift eller underlag för tryck via vanligtvis ett webbgränssnitt.

Av ovan skäl har jag delvis använt andra benämningar som jag tycker är mer relevanta än de som LC traditionellt använder för att beskriva kvalitet och funktionella faktorer i anslutning till stillbildaformat.

Jag har ersatt "Clarity" med "Rumslig upplösning och tonreproduktion"; "Normal rendering for still images" och "Functional beyond normal image rendering" med begreppet "Bildåtergivning" (det är svårt att entydigt dela upp en komplex JP2-, JPX- eller JPM-fil i "Normal rendering" och "Functional beyond normal rendering") och i övrigt använt LC:s begrepp "Color maintenance" (Färghantering) och "Support for graphic effects and Typography" (Stöd för grafiska effekter och typografi).

En del kriterier vad gäller hållbarhetsfaktorer; bildkvalitet och bildfunktionalitet kan ur ett visst bevarandeperspektiv och för visst digitalt material betraktas som lämpliga men mindre fördelaktiga ur ett annat perspektiv och för annat material (tex för- och nackdelar med tillgång till upphovsrättighetshantering).

4.1. Hållbarhetsfaktorer

Hållbarhetsfaktorer ("Sustainability factors") innefattar åtta stycken underkriteriegrupper, vilka i sin tur är uppdelade i ett antal faktorer eller förhållanden som är avgörande när man skall allmänt bedöma om filformatet i fråga kan accepteras i samband med digital långtidslagring.

1. Öppenhet ("Disclosure")

- a. *Formella öppna standarder (dvs tekniska specifikationer enligt ISO; ITU; EN)*
- b. *Öppna tillverkarstandarder (tex Adobe's TIFF 6.0)*
- c. *Tillverkarstandarder (tex DEJAVU-formatet)*

I princip ger en global formell öppen standard (dvs en ISO-standard) den högsta graden av öppenhet och den mest omfattande samt expertstyrda dokumenterade specifikationen vad gäller bla stillbildaformat. Men även en tillverkarspecifik stillbildaformatstandard kan ibland vara lika "öppen" och väldokumenterad som en ISO-standard (tex Adobe's TIFF 6.0).

Allt arbete i anslutning till JPEG2000-standarden (från hantering av nya standardförslag till tillägg till befintliga standarder) följer väl inarbetade procedurer och rutiner i enlighet med de som ISO har fastlagt.

Samtliga JPEG2000-stillbildsfilformat (JP2; JPX/JPF; JPM) är formella ISO-standarder och uppfyller således punkt a ovan.

2. Dokumentation ("Documentation")

- a. *Copyright-fria, tillgängliga och fullständiga tekniska specifikationer och kontinuerliga tillägg*
- b. *Verktyg för att kunna genomföra en referensimplementering av Del 1 av JPEG2000-standarde*
- c. *Överensstämmelseverktyg*

Samtliga JPEG2000-stillbildsfilformat (JP2; JPX; JPM) är baserade på copyright-fria tillgängliga tekniska specifikationer och uppfyller således punkt a ovan.

I Del 5 av JPEG2000-standardfamiljen finns detaljerade specifikationer hur man praktiskt implementerar Del 1 av JPEG2000-standarden i form av en referensinstallation.

Vad gäller överensstämmelseverktyg i anslutning till JPEG2000-formaten tillhandahåller JPEG2000-standardfamiljen tekniska anvisningar i Del 4 hur man utför en sk "Conformance test" för att kontrollera att kodning; komprimering; bilddata- och kodströmsarkitektur är förenlig med Del 1 av JPEG2000-standarden.

För att kunna testa och utvärdera komprimeringsalgoritmer (dvs potentiella JPEG2000-applikationer) i syfte att framledes få dessa att ingå i Del 1 av JPEG2000-standarden har JPEG-standardiseringskommittén tagit fram en öppen testbänk i form av en sk verifikationsmodell (VM). Med hjälp av VM-tester kan man således fastslå på ett objektivt och mätbart sätt om den algoritm som testats uppfyller grundkrav i Del 1 av JPEG2000-standarden vad gäller funktionalitet (tex en ROI-funktion) och prestanda (tex robusthet mot bitfel).

3. *Licens- och patentkrav ("Licensing and patent claims")*

a. Fri från licens- och patentkrav

Naturligtvis bör man alltid sträva efter att använda stillbildskodnings- och komprimerings-tekniker som ej är patenterade eller medför omfattande licenskostnader för användaren. Alla implementeringar av JPEG2000-standarden är strikt juridiskt patentskyddade samt licensbundna.

På grundval av att ett antal licensägare avböjt patent- och licenskrav på sina JPEG2000-basprodukter (dvs produkter som följer Del 1) anser sig JPEG-kommittén har försäkrat sig om att åtminstone implementeringar av Del 1 ("Baskodningssystemet") är patent- och licensfria. Några fullständiga garantier för patent- och licensfrihet vad gäller befintliga och kommande produkter inom JPEG2000-familjen kan naturligtvis ej utfästas av JPEG-kommittén eftersom tekniken bygger på ett mångfald av tekniska innovationer (patent) samt berör ett stort antal organisationer och företag.

Det är föga sannolikt att implementeringar baserade på de övriga delarna (Del 1-6 och Del 8-13) kommer att bli patent- och licensfria.

4. *Allmän acceptans ("Adoption")*

- a. Anammade av många användare och väl spritt inom ett stort antal discipliner*
- b. Har implementerats i många applikationer (bla webbläsare)*
- c. Kan implementeras på många hård- och mjukvaruplattformar*
- d. Tillgång till ett stor antal utvecklingsverktyg och applikationer*
- e. Tillgång till formatvalideringsverktyg*

Allmän acceptans av ett filformat är direkt kopplat till i vilken utsträckning filformatet i fråga uppfyller ovannämnda kriterier vad gäller hållbarhet; kvalitet och funktionella faktorer. Det finns även ett vanlig mänsklig karaktärsdrag inbyggt i begreppet allmän acceptans nämligen flockmentalitet. Det vill säga om några stora väletablerade kulturarvsinstitutioner och företag väljer ett format så brukar ibland andra "mindre" kulturarvsinstitutioner och företag mer eller mindre okritiskt välja samma filformat.

Dessutom finns det ett ”moment 22”-scenario kopplat till allmän acceptans: för att formatet skall få bra renommé och förhoppningsvis användas/implementeras frekvent inom olika discipliner och tillämpningar måste det framförallt finns utvecklings- och valideringsverktyg för de vanligaste hård- och mjukvaruplattformarna och dessutom några referensinstallationer (applikationer) i anslutning till filformatet. Men om inga är intresserade av att investera i ny teknik relaterad till (det nya) filformatet ifråga kan inte mjukvaruföretag av krassa ekonomiska skäl utveckla nödvändiga produkter.

Sedan Del 1 (”core coding system”) av JPEG2000-ISO-standarden utkom i början av 2001 har intresset i stort varit ganska ringa framförallt i förhållande till hur stort intresset för JPEG-teknik var när denna ISO-standard publicerades 1994.

Detta kan troligen förklaras med att många inte har skaffat sig någon djupare kunskap i hur radikalt den nya JPEG2000-tekniken skiljer sig från den gamla JPEG-tekniken (många tror kanske att JPEG2000 ”bara” var en uppdatering av JPEG2000).

Personer med baskunskaper i JPEG2000-teknik har de sista fem år emellertid snabbt insett vilka enorma möjligheter JPEG2000-teknik erbjuder vad gäller såväl kostnadsbesparingar vid långtidslagring som flexibel bildfunktionalitet vid daglig användning av JPEG2000-filformaten (varierande bildupplösning; bildutsnitt och bildöverföring samt ”inbyggd” zoomnings- och roterings- och panoreringsfunktion).

JPEG2000-tekniken stödjer som sagt även flexibel ICC-baserad färghantering; olika typer av bildvisningssätt och metadatalösningar samt upphovsrättsskydd för att bara nämna några utmärkande JPEG2000-drag.

Författaren har valt att använda sig av en mycket relevant sammanställning av Library and Archives Canada [17] vad gäller kulturarvsinstitutioners och andra discipliners allmänna acceptans och användning av JPEG2000-stillbildaformaten vid såväl långtidslagring (Preservation) som daglig tillgänglighet (Access) av bla digitaliserat kulturarvsmaterial såsom dagstidningar; fotografier; kartor; mm (Tabell 2). I denna tabell finns även referenser till alla berörda institutioner och företag.

I tabellen framgår klart hur de olika JPEG2000-användarna idag utnyttjar sig av JPEG2000-filformaten (eller snarare nästan uteslutande av JPEG2000-grundformatet JP2) för att i första hand effektivisera daglig åtkomst av digitala samlingar och bestånd genom att utnyttja JPEF2000-formatets rika funktionalitet för att på olika sätt överföra och tillgängliggöra bilder över Intranet/Internet men även i mindre utsträckning reducera kostnader för långtidslagring.

Som framgår i Tabell 3 finns idag ett flertal verktyg för att utveckla JPEG2000-applikationer i enlighet med Del 1 (JP2); Del 2 (JPX) och 6 (JPM) av JPEG2000-standarden [10]. Programmeringsspråk är bla C; C++; Java och .NET.

JPEG2000-filformaten kan idag implementeras på ett flertal hård-och mjukvaruplattformar (faxar; skannrar respektive olika operativsystem såsom MS Windows; Apple OS och flera Unix-varianter).

Även om JPEG2000-tekniken inte spridits så snabbt som JPEG-kommittén ursprungligen förväntade sig finns emellertid idag stöd för såväl JP2- som JPX och JPM-filformatet i välkända bildhanteringsapplikationer och bildläsare såsom ACDSee; Adobe Photoshop; Corel Photo-Paint; GIMP; Irfanview; Luratech Capture; Adobe Acrobat/Acrobat Reader och Apple Quicktime (som plug-in eller tillägg). Några idag tillgängliga applikationer med JPEG2000-stöd har sammanställts i tabell 4 [10].

Vad gäller webbläsare finns mig veterligen JPEG2000-funktionalitet idag endast implementerad i Mozilla Firefox (som tillägg) och Opera (via Quicktime).

På marknaden finns nu även klient-server-system för webb-baserad visning och bearbetning av framförallt extremt högupplösta bilder vid låg bandbredd och minimal minnesprestanda (tex Open-Source systemet IIPImage).

Ett flertal verktyg finns idag tillgängliga för att verifiera att det som skapas av en JPEG2000-applikation är "äkta" JPEG2000-filer i alla avseenden (JSTOR:s JEHOVE, [18]; National Archives of UK's DROID, [19]).

Dessa formatvalideringsverktyg skall bli kunna identifiera filformatändelse rätt (utan att ändelsen är angiven för ifrågavarande fil) samt analysera filens inre struktur; metadata; etc och utifrån denna information härleda utbytesformatet i fråga samt även ange dess version.

5. Självdokumentation (Self-documentation)

a. Stöd för inbäddad metadata av olika slag

b. Stöd för standardfärgrymder och inbäddade ICC-färgprofiler

Självdokumentation innebär att relevanta metadata bäddas in i själva stillbildsfilformatet (dvs bilddata och metadata är "fysiskt" sammankopplade i bildobjektet i fråga) så att framtida kodare kan bedöma filens karaktär och bilden därmed kan användas på rätt sätt utan att ha tillgång till extern metadatainformation. Till inbäddad information hör även sk standardfärgrymder och ICC-färgprofiler.

Samtliga JPEG2000-filformat uppfyller generellt dessa självdokumentationskrav (se avsnitt 3.3 ovan för närmare information).

6. Transparens ("Transparency")

a. "Enkel" kodning

b. "Enkel" komprimering

c. "Enkel" avkodning

d. Möjlighet till matematisk "lossless" komprimering

e. Effektivt bandbreddsutnyttjande

f. Bitfeltolerant dataöverföring (robusthet)

g. Skydd för datakorruption

h. Mångsidig bildbearbetning

i. Hantering av upphovsrättigheter

j. Bakåt- och framåtkompabilitet

De första tre påståenden (a-c) är svåra att ge ett relevant svar på eftersom "enkel" är i sammanhanget är ett relativt begrepp.

Om man däremot jämför JPEG2000-stillbilsformaten med JPEG- och TIFF-formaten kan man bestämt påstå att de förra bygger på en betydligt mer komplex CODEC-teknik.

Samtidigt bör man komma ihåg att en av finesserna med JPEG2000-kodning är att en avkodare alltid kommer att kunna erbjuda grundfunktioner enligt specifikation i Del 1 av JPEG2000-standarden även om stillbilden i fråga är komplext kodad enligt Del 2.

Som framgått tidigare erbjuder alla tre JPEG2000-stillbildsfilformaten effektiv och i högsta grad flexibel matematisk "lossless" komprimering av såväl hela bilden som delbilder eller regioner(d).

Samtliga JPEG2000-stillbildaformat uppfyller väl krav på effektivt bandbreddsutnyttjande; bitfeltolerant dataöverföring (robusthet); skydd för data korruption och mångsidig bildbearbetning (e-h).

Endast JPX-filformatet har idag inbyggt stöd för att kunna hantera upphovsrättigheter ("Intellectual Property Rights"; IPR) genom utökade XML-baserade metadatadefinitioner enligt den sk DIG35-specifikationen (i)

JPEG2000-stillbildaformatet kan idag, av naturliga skäl, ej uppvisa bakåtkompatibilitet (j) eftersom de är helt nya format (som sagt de gamla JPEG-filformaten är helt väsensskilda från de nya JPEG2000-filformaten).

7. Yttre beroenden (*External dependencies*)

- a. *Beroende av specifik hårdvara*
- b. *Beroende av specifika utvecklingsverktyg eller applikationer*
- c. *Beroende av specifika operativsystem*

I mån av tillgång till utvecklingsverktyg och utvecklarens vilja samt motivation till att utveckla JPEG2000-applikationer till fullo på olika hård- och mjukvaruplattformar finns i princip inga yttre beroenden (a-c).

8. Tekniska skyddsförhållanden (*Tekniska protection considerations*)

- a. *Beroende av specifika implementeringar*
- b. *Beroende av komplicerade kodnings- komprimerings- och avkodningssätt*
- c. *"Skydd" för upphovsrättigheter (se även 6 i ovan)*

Samtliga JPEG2000-stillbildaformat är ej beroende av specifika implementeringar eftersom de bygger på öppna och väldokumenterade ISO-standards men är avhängiga mer eller mindre komplexa kodnings- och komprimeringsförfaranden.

Huruvida tillgång till en funktion för att hantera upphovsrättigheter är en nackdel eller en tillgång i anslutning till ett filformat beror naturligtvis på rådande omständigheter.

I **tabell 5 summeras hur väl** JPEG2000-stillbildaformaten JP2, JPX och JPM satisfierar hållbarhetsfaktorer enligt min flergradiga kvalitativa poängskala (1=mindre bra; 2=bra; 3=mycket bra samt Ja eller Nej).

4.2. Kvalitet och funktionella faktorer

Som tidigare nämnts har jag valt att för LC:s huvudkriteriegrupp kvalitet och funktionella faktorer använda följande egna underindelning:

- 1 Rumslig upplösning och tonreproduktion
- 2 Bildåtergivning
- 3 Färghantering
- 4 Stöd för grafiska effekter och typografi (ej relevant för de tre JPEG2000-filformaten!)

I **tabell 6** redovisas vad de tre JPEG2000-standardformaten JP2; JPX och JPM kan erbjuda i avseende på kvalitet och funktionella faktorer i allmänhet (utan medveten rankning vad gäller lämplighet i avseende på digital långtidslagring).

Som klart framgår i **tabell 6** uppfyller emellertid samtliga tre JPEG2000-stillbilsformat långtidslagringskrav vad gäller rumslig upplösning och tonreproduktion och bildåtergivning mer än väl. Inga andra i dag tillgängliga ISO-stillbilsfilformat kan mäta sig med de tre JPEG2000-filformaten beträffande kvalitet och funktionella faktorer!

Man bör emellertid alltid vara medveten om att den digitala reproduktionens bildkvalitet i förhållande till motsvarande pappersförlaga till syvende och sist styrs av de bildkvalitetsparametervärden som väljs vid själva skanningstillfället (dvs ”optisk upplösning”; bitdjup; ICC-input-färgprofil; etc) och inte av typ/grad av lossless- eller högkvalitativ lossy-baserad JPEG2000-komprimering.

Den stora svagheten i dagens JPEG2000-grundfilformat (dvs JP2) gäller framförallt färghantering och oförmåga att tolka vissa bildkvalitetsparametrar i tex TIFF-filer. Som nämnts tidigare (se avsnitt 3.3.) hanteras tyvärr inte sk input-ICC-färgprofiler i anslutning till JP2-grundfilformatet på ett konsekvent sätt av kodare/avkodare idag (en tillägg till befintlig JP2-standard krävs för att eliminera denna oegentlighet). Detsamma gäller den nuvarande JP2-standardens bristande hantering av den sk ”capture resolution” parametern i TIFF-filheadern

JPEG2000-stillbilsformatens dubbelkaraktär (dvs att en och samma kodad/komprimerad bitström kan fungera för såväl långtidslagring som daglig tillgänglighet) innebär att det i praktiken ej går att särskilja vissa kvalitetsparametrar och funktionella faktorer enbart knutna till långtidslagring från andra d:o endast relevanta för daglig tillgänglighet.

För att uttrycka det på annat sätt:

- Långtidslagring av Digidaily-material är naturligtvis inget självändamål utan bör lämpligen relateras till hur man med hjälp av den nya JPEG2000-standardens helt unika kodnings- och komprimeringsegenskaper (se avsnitt 2.1 ovan) på ett i högsta grad användar- och kostnadseffektivt sätt *i en och samma JPEG2000-fil kan kombinera digital långtidslagring med dagligt digitalt tillhandahållande.*

Den ideala lösningen för att i ett och samma digitala bildsystem såväl långtidslagra som dagligt tillhandahålla Digidaily-material är implementering av ett sk JPIP-klient-server-protokoll (enligt Del 9 i JPEG2000-standardfamiljen). Då slipper man även krav på att ladda ned JPEG2000-viewers, vilket idag krävs om en traditionell webblösning används.

5. Slutsatser och rekommendationer

Som klart framgår i denna studie uppfyller samtliga idag tillgängliga ISO-standardiserade JPEG2000-stillbilsformat (JP2; JPX och JPM) mer eller mindre alla redovisade och väl-etablerade kriterier för digital långtidslagring.

Dessa kriterier bygger huvudsakligen på Library of Congress´ sk ”Digital Formats Register” och är indelade i de två huvudgrupperna hållbarhetsfaktorer samt kvalitet och funktionella faktorer med ett antal undergrupper inom dessa två huvudkriteriegrupper.

Enligt min flergradiga kvalitativa poängskala (1=mindre bra; 2=bra; 3=mycket bra samt Ja eller Nej) satisfierar grundstandardformatet (dvs JP2) hållbarhetsfaktorer från mycket bra till mindre bra i följande ordning

- *Öppenhet* (3)
- *Dokumentation* (3)
- *Självdokumentation* (3)
- *Yttre beroenden* (Nej)
- *Tekniska skyddsförhållanden* (Nej)
- *Transparens* (2)
- *Licens- och patentkrav* (2)
- *Allmän acceptans* (2)

De andra mer komplexa JPEG2000-stillbildaformaten JPX och JPM får lägre poäng än JP2 vad gäller *Dokumentation* (inga verktyg för referensimplementering eller överensstämmelsetest finns ännu för JPX och JPM); *Transparens* (ännu ”svårare” kodning/avkodning samt komprimering och dekomprimering än för JP2); *Licens- och patenskrav* (är helt rådande för JPX och JPM) samt *Allmän acceptans* (applikationer/verktyg för JPX och JPM är mindre spridda/ansända än för JP2). JPEG2000-grundfilformatet JP2 används genomgående idag för såväl daglig tillgänglighet (bla av holländska nationalbiblioteket; Library of Congress; mfl) som i mindre utsträckning för långtidsbevarande (bla av holländska nationalbiblioteket) av olika typer av kulturarvsmaterial. Kriterier i LC:s huvudgrupp Kvalitet och funktionella faktorer är tyvärr ej tillräckligt detaljerade eller snarare obsoleta vad gäller möjligheten att systemetiskt bedöma om de mycket flexibla och funktionsrika JPEG2000-stilbildaformaten är lämpliga för digital långtidslagring. LC verkar helt enkelt inte kunna beskriva den rikedom av funktioner samt mångsidiga användningsätt i generella termer som utmärker JPEG2000-stilbildaformaten. Enligt min tolkning råder det dock ingen tvekan om att samtliga JPEG2000-stilbildaformat (i synnerhet de mer funktionsrika JPX- och JPM-filformaten) mer än väl uppfyller LC:s grovt ställda villkor vad gäller kvalitet (bild och metadata) samt tillgängliga funktionella faktor i samband med långtidslagring.

Det finns idag inga andra ISO-standardiserade stillbildaformat än JPEG2000-stilbildaformaten (observera att TIFF version 5.0/6.0 *ej* är ISO-standardiserade stillbildaformat) som bland annat tillhandahåller

- Såväl lossless som lossy komprimering i en och samma kodström (dvs man helt enkelt använda en och samma JPEG2000-fil för såväl långtidslagring som daglig visning och utskift utan omkodning/omavkodning; omkomprimering/omdekomprimering).
- Mycket mer flexibel progressiv bildvisning än JPEG och PNG (den öppna filformatet TIFF 6/5 och TIFF-ISO-standarderna TIFF/IT och TIFF/EP) erbjuder ingen som helst progressiv bildvisning). Progressiv JPEG2000-bildvisning kan utgå från antingen pixelnoggrannhet (dvs hela bilden växer successivt fram mer och mer detaljerat till dess att den högsta bildkvaliteten uppnåtts), upplösningsnivå (dvs först visas en liten tumnagelbild och sedan visas successivt allt större bilder tills bilden visas i full storleken) eller komponentbaserad (dvs först visas tex B- och sista R-kanalen).
- Vare sig TIFF (version 5/6; TIFF/IT eller TIFF/EP) eller JPEG och PNG kan idag visa endast en del av bildfilen (en sk Intresseregion), vilken kan avvika från omgivande bildpartier i avseende på kvalitet (detaljupplösning).

- Endast JPEG2000-stillbildaformaten kan hantera en pixeldimension av 4294967295x 4294967295 pixlar; ett bitdjup upp till 38 (lossy) och 32 (lossless) bitar per kanal och maximalt 16384 stycken kanaler
- Inga andra ISO-standardiserat stillbildsfilformat än JPEG2000-familjens JPM-format har möjlighet att separera olika objekt (text; bild och grafik) i en bild och sedan koda/komprimera var och en av dessa objekt på olika sätt samt även paketera flera objektseparerade bilder i en och samma JPM-fil
- Det helt unika med JPEG2000-filformaten, till skillnad från såväl JPEG- som TIFF-filformaten, är sammanfattningsvis att en och samma kodad/komprimerad JPEG2000-bitström kan överföras/avkodas/dekomprimeras på ett flertal sätt hos användaren beroende på bla tillgänglig bandbredd och utrustning (dator; surfplatta eller mobiltelefon); önskad bildkvalitet; bildutsnitt; bildkanal eller bildobjekt (dvs mycket hög skalbarhet). Till skillnad från JPEG-filformatet kräver emellertid JPEG2000-filformatens komplexa kodningsarkitektur betydligt större datorkapacitet vid såväl kodning/komprimering som avkodning/dekomprimering av stillbilder.

Implementering av JPEG2000-stillbildsfilformat i Digidaily-produktionskedjan kan i förhållande till användning av TIFF- och JPEG-filformaten

- Effektivisera arbetsprocesser i anslutning till bildgenerering; bildöverföring; bildbearbetning och slutlig lagring.
- Avsevärt öka återkomst vid låga bandbredder/bithastigheter ("bit-rates") av relativt hög bildkvalitet (än framförallt JPEG) samt dessutom minska bitfelfrekvensen
- Kraftigt reducera kostnader för digital långtidslagring eftersom skapande av såväl en högupplöst lossless sk masterbildfil för långtidslagring som en mindre högupplöst reproduktion av denna masterfil (normalt kallad surrogatbildfil) ej behövs längre. I stället används en och samma (matematisk) lossless JPEG2000-fil för såväl lossless-baserad långtidslagring som lossy- eller visuell-lossless-baserad daglig visning och utskrift.
- Underlätta generering och användning av olika typer av metadata genom standardiserade XML-schemata
- Förbättra interoperabilitet mellan olika kulturarvsinstitutioner som torde vara ett av målen vid skapande av den nya samordningssekreteriatet för digitalisering vid Riksarkivet (under förutsättning att andra institutioner än KB framgent använder sig av JPEG2000-stödda applikationer samt naturligtvis anammar JPEG2000-(still)bildaformat).
- Om KB kan tänka sig implementera Del 11 av JPEG2000-standarden (dvs JPWL-specifikationen för JPEG2000-baserad bildöverföring i trådlösa nätverk) och Del 9 (dvs JPIP-specifikationen för att bygga JPEG2000-baserade server-klient kommunikationslösningar) öppnar sig helt nya marknader för åtkomst av bla dagstidningar. KB kan då förse såväl "nya mobila" användare i trådlösa nätverk (med mobiltelefoner eller surfplattor) som (ofta samma) användare surfande från ett fast trådbaserat nätverk med dagstidningar emanerade från en och samma fysiska flersidiga JPEG2000-bildfil i KB:s dagstidningsbilddatabas.

Här kommer avslutningsvis några rekommendationer till fortsatt praktiskt JPEG2000-utvärderingsarbete i anslutning till pågående Digidaily-projekt:

- KB bör vid såväl lossy- som lossless-baserad JPEG2000-komprimering alltid undersöka med hjälp av lämpliga bild- och metadata kvalitetsverktyg att den komprimerade JPEG2000-

bildfilens och motsvarande okomprimerade källbildfilens pixelkaraktär är identisk samt att inbäddad ICC-input-färgprofil och metadata innehåll ej förändrats eller uteslutits i samband med JPEG2000-konverteringen.

Dessutom bör KB utvärdera JPEG2000-bildkvalitet i avseende på kontrast/skärpa; tonreproduktion och elektroniskt brus med hjälp av väletablerade bildkvalitetsparametrar som MTF; OECF och PSN-kvoten. Det är viktigt att inför skapande av JP2-filer för daglig tillgänglighet (sk visnings-JP2-filer) även ta hänsyn till hur det mänskliga ögat upplever bilden (dvs visuell bildkvalitet), vilket ej helt överensstämmer med optimala värden på ovannämnda kvantitativa mätbara bildkvalitetsparametrar.

- KB bör fortsätta med att designa och testa sk implementeringsprofiler för olika användningsområden av Digidaily-material (för långtidslagring; bildskärmsvisning; utskift; etc) utifrån JP2-filformatet (dvs det mest spridda och kodningsmässigt sett enklaste JPEG200-filformatet).
- För att kunna konstatera att den kodare som KB/Digidaily-projektet kommer att använda för att skapa alla sina JP2-bildfiler verkligen genererar "äkta" JP2-bildfiler bör KB utnyttja såväl tillgängliga JP2-filformatvalideringsverktyg (bla JEHOVE) som JP2-kodningsöverensstämmelseverktyg enligt Del 4 i JPEG2000-standarden.
Innan KB har konstaterat att använd JPEG2000-kodare verkligen genererar önskvärd JPEG2000-fil i avseende på bildkvalitet; bildfunktionalitet samt ICC-färgprofil- och metadata innehåll bör KB inledningsvis lagra alla nyskapade filer från inskannat Digidaily-material som okomprimerade TIFF-filer. När överensstämmelse- och filformatverifieringstester klart indikerar att önskvärda JP2-filer skapas från använd kodare bör KB kunna lagra inskannat material direkt som JP2-filer.
- KB bör bekanta sig närmare med i första hand JP2-formatets rika funktionalitet när det gäller XML- och UUID-baserad metadatahantering genom praktiska experiment i anslutning till Digidaily-materialet.
- KB bör även närmare undersöka och testa JPM-formatet i anslutning till Digidaily-material med tanke på att detta format i det närmaste är skraddarsytt för ska sammansatta dokument (dvs bla tidningssidor med såväl text; grafik och bild på en och samma sida).
- KB bör framgent noggrant följa vad som händer inom JPEG2000-standardområdet för att kunna ta del av viktiga förväntade tillägg/ändringar i anslutning till framförallt den nu problematiska tolkningen av sk display-ICC-profiler (kontra input-ICC-profiler) samt av sk "capture resolution" (kontra "grid resolution") hos många JP2-kodare/avkodare.

6. Referenser

- [1] A. Zandi, J. D. Allen, E. L. Schwartz, and M. Boliek, "CREW: Compression with reversible embedded wavelets," *Proc. of IEEE Data Compression Conference*, Snowbird, Utah, pp. 212-221, March 1995.
- [2] M. Boliek, M. Gormish, E. L. Schwartz, and A. F. Keith, "Decoding compression with reversible embedded wavelets (CREW) codestreams," *Journal of Electronic Imaging*, vol. 7, no. 3, pp. 402-209, July 1998.

- [3] M. Weinberger, G. Seroussi, and G. Sapiro, "The LOCO-I lossless image compression algorithm: principles and standardization into JPEG-LS," submitted to *IEEE Trans. on Image Proc.*
- [4] C. Christopoulos and A. Skodras, JPEG2000 - The Next Generation Still-Image Compression Standard." Tutorial given at the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), October 1999. http://www.etro.vub.ac.be/members/christopoulos.charilaos/jpeg2000_cont%ributions.htm (as of 01.10.02).
- [5] D. S. Taubman and M. W. Marcellin, *JPEG2000: Fundamentals, Standards and Practice*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.
- [6] M. D. Adams, "The JPEG-2000 Still Image Compression Standard," Tech. Rep. N2412, ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1, September 2001.
- [7] M. Rabbani and D. Santa Cruz, "The JPEG2000 Still-Image Compression Standard." Course given at the 2001 International Conference in Image Processing (ICIP), October 2001. http://jj2000.epfl.ch/jj_publications/papers/011.pdf (as of 01.10.02).
- [8] D. S. Taubman and M. W. Marcellin, *JPEG2000: Fundamentals, Standards and Practice*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.
- [9] P. Schelkens, A. Skodras, T. Ebrahimi (utgivare): *The JPEG 2000 Suite*, Wiley and Sons, 2009
- [10] JPEG-2000, http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG_2000.htm (från mars 2011)
- [11] JPEG-2000 kommitté, <http://www.jpeg.org/JPEG2000.htm> (från mars 2011)
- [12] R. Buckley: JPEG 2000 – a Practical Digital Preservation standard?, *Technology Watch Report from Digital Preservation Coalition*, 2008
- [13] R. Buckley och R. Sam: JPEG 2000 Profuile for the National Digital Newspaper Program. Library of congress Oficce of Strategic Initiatives, 2006
- [14] PRONOM File Format Registry, 2008
<http://www.nationalarchives.gov.uk/PRONOM> (från mars 2011)
- [15] Arms, C. & Fleischhauer, C. (2005) *Digital formats: factors for sustainability, functionality and quality* IS&T Conference paper Accessed from: http://memory.loc.gov/ammem/techdocs/digform/Formats_IST05_paper.pdf (från mars 2011)
- [16] InterPARES2 Project (2006b) *Making and maintaining digital materials: guidelines for individuals*
[http://www.interpares.org/ip2/display_file.cfm?doc=ip2\(pub\)creator_guidelinesbooklet.pdf](http://www.interpares.org/ip2/display_file.cfm?doc=ip2(pub)creator_guidelinesbooklet.pdf), (från mars 2011)

- [17] JPEG 2000 as a Preservation File Format, Digital Policies, Guidelines and Tools.
Library and Archives Canada
<http://www.collectionscanada.gc.ca/digital-initiatives/012018-2100.01-e.html>
- [18] JHOVE, JSTOR - Harvard Object Validation Environment
<http://hul.harvard.edu/jhove/> (från mars 2011)
- [19] DROID, Digital Record Object Identification, National Archives of UK
http://www.publicservice.co.uk/news_story.asp?id=15688 (från mars 2011)

[2] [3]		Utgivnings- år för första offentliga utgåvan	Utgivnings- år för senaste offentliga utgåvan	Senaste tillägg	Identisk ITU-T- standard	Titel	Beskrivning
Del	Beteckning						
Del 1	ISO / IEC 15444-1	2000	2004	2006 [4]	T.800	Huvudkod- system ("Core system")	Grundläggande egenskaper i JPEG 2000-komprimering (. JP2)
Del 2	ISO / IEC 15444-2	2004	2004	2006 [5]	T.801	Tillägg	(. JPX, . JPF)
Del 3	ISO / IEC 15444-3	2002	2007 [6]		T.802	Rörlig JPEG2000	(. mj2)
Del 4	ISO / IEC 15444-4	2002	2004 [7]		T.803	Prövning av överens- stämmelse	
Del 5	ISO / IEC 15444-5	2003	2003	2003 [8]	T.804	Referens- programvara	Java och C implementeringar
Del 6	ISO / IEC 15444-6	2003	2003	2007 [9]		Sammansatta bildfils- format	(. JPM)
Del 7	Övergiven [2]					Riktlinje för krav på minsta antal kom- ponenter i ISO / IEC 15444-1 kodare [10]	Teknisk rapport om krav på minsta antal komponenter i ISO / IEC 15444-1 kodare [11]
Del 8	ISO / IEC 15444-8	2007	2007	2008 [12]	T.807	Säker JPEG 2000	JPSEC (säkerhetsaspekter)
Del 9	ISO / IEC 15444-9	2005	2005	2008 [13]	T.808	Interaktiva verktyg, API:er och protokoll	JPIP (interaktiva protokoll och API:er för klient-server- lösningar)
Del 10	ISO / IEC 15444-10	2008	2008	2008 [14]	T.809	Tillägg för tredimensio- nella data	JP3D (volytetrisk imaging)
Del 11	ISO / IEC 15444-11	2007	2007 [15]		T.810	Trådlös kommunika- tion	JPWL (trådlösa applikationer)
Del 12	ISO / IEC 15444-12	2004	2008 [16]			För tids- bundna mediaformat	Ett samarbete mellan JPEG och MPEG
Del 13	ISO / IEC 15444-13	2008	2008 [17]		T.812	En "normative entry level" JPEG2000- kodare	
Del 14	Under utveckling [18] [19]					XML-baserad strukturell representa- tion och referens	JFXML [20]

Tabell 1. De olika JPEG2000-delstandarderna vid kodning och komprimering av rasterbilder. Fritt översatt till svenska av författaren efter bästa förmåga från motsvarande engelska tabell hämtad i mars 2011 från http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG_2000. Vad beträffar angivna referenser i ovan tabell ([2]- [20]) hänvisas till denna webbplats.

Memory Institution	Source of Information	Specific Collection and Program (if applicable)	JPEG 2000 (JP2) Usage	Notes/Comments /Policy
American Geographical Society Digital Map Collection	AGSL Digital Map Collection "The Digital Project" www.uwm.edu/Libraries/digilib/maps/records/about.html		Access format	"Digital master files in the TIFF format serve as a source for JPEG2000 images presented in CONTENTdm software. Users can browse, pan, and zoom into the map files using JPEG2000 high resolution images"
British Library	"Preservation Plan for Microsoft - Update" www.bl.uk/aboutus/stratpolprog/ccare/introduction/digital/digpresmicro.pdf	Preservation plan for the Microsoft Live Book data ingested into the DOM system at the British Library (BL)	Preservation format	"JPEG2000 files will be retained for preservation as per the original project specifications...The JP2 files fulfil the role of master file but a lack of industry take-up is a slight concern from a preservation viewpoint. However, the format is well defined and documented and poses no immediate risk."
Harvard University Library	"Highlights from FY 2006-- Enhancements to Library and User Services" http://publications.hul.harvard.edu/ar0506/highlights-from-fy-2006--enhancements-to-library-and-user-services.html	Digitization	Access format	"Since FY 2004, Harvard libraries have increasingly turned to the JPEG 2000 standard when digitizing their materials. In 2006, the PDS user interface was enhanced with new options to zoom, pan and change options to display size of page images derived from JPEG 2000 master images."
Wellcome Library, UK (Tillägg av författaren)	http://library.wellcome.ac.uk/assets/wtx056572.pdf	Digitization	Preservation and Access	Uses only JP2 format
LexisNexis	"Minutes of the ALA/LITA JPEG2000 for Libraries and Archives interest group	LexisNexis is using JPEG2000 in the maps portion of the	Access format	

	meeting" http://dlj.org/article/j2kig-minutes/	U.S. Serials Set digitization program		
Library and Archives Canada (LAC)	"JPEG2000 Implementation at Library and Archives Canada" www.archimuse.com/mw2007/papers/desrochers/desrochers.html	Pilot project to assess risks and benefits of implementing JPEG2000 compression standard.	Demonstration as viable preservation format	Project initiated to demonstrate JPEG2000 as a viable option as a replacement for preservation and access formats at LAC. "...LAC will continue to produce and retain the uncompressed TIFF file along with a lossless JP2 file produced by our digitization efforts."
Library of Congress	"JPEG2000 Profile for the National Digital Newspaper Program" www.loc.gov/ndnp/pdf/NDNP_JP2HistNewsProfile.pdf	National Digital Newspaper Program.	Web access format	"Web access will be provided through the use of JPEG2000 production masters [...] Each newspaper page image will be supplied in two raster formats: uncompressed grayscale TIFF 6.0 File and compressed JPEG2000 file."
Library of Congress - American Memory	LoC American Memory Project "How to view" http://memory.loc.gov/ammem/help/view.html	Digital Map Collection	Web access format	20:1 compression
Louisiana Digital Library	Louisiana Digital Library Update (blog) http://mlblog.osdir.com/information-retrieval.j2karlib/2005-04/index.shtml		Access Format	Implementing JPEG2000 for access copies, region of interest zoom (2005)
National Archives of Japan	NAJ "About Image of Materials" www.digital.archives.go.jp/support/faq_e.html#4	Digital Archive	Web access format	"you can see material images with JPEG2000, PDF or JPEG on our Digital Archive. You can also see our holdings [...] with JPEG2000 or JPEG, as colored icons, "green."
National Diet Library Japan	"Preservation roles of reformatting: today, tomorrow, and the next	Digital Library	Considering JP2 for preservation	"... it is quite possible that further

	day" www.ndl.go.jp/en/iflapac/preconference/pdf/ColinWebb.pdf .		master; JP2 currently used as access format	development will make us more willing to use formats such as JPEG 2000 for preservation masters"
National Library of the Netherlands	"Alternative File Formats for Storing Master Images of Digitisation Projects" www.kb.nl/hrd/dd/dd_links_en_publicaties/publicaties/Alternative%20File%20Formats%20for%20Storing%20Masters%20%201.pdf ."		Recommended as preservation format	JPEG2000 recommended as a viable alternative to TIFF storage for archival masters.
National Library of Norway	"Digitization of books in the National Library: methodology and lessons learned" www.nb.no/content/download/2326/18198/version/1/file/digitizing-books_sep07.pdf -	Digitization Program	Preservation format	"Our preservation format is JPEG2000 with lossless compression. The preserved image is not processed or reduced in any way after the scanning process. By choosing losslessly compressed JPEG2000 instead of uncompressed TIFF as a preservation format, we will reduce the need for digital storage by about 50%. [...] Through practical tests we have demonstrated that we are able to convert from the JPEG2000 format back to uncompressed TIFF with absolutely no loss of information"
Northwestern University Library (Northwestern Transportation Library)	Northwestern UL Staffweb "Airline Menus: Introduction" http://staffweb.library.northwestern.edu/dl/in-progress/airlinemenus/index.html	Digital maps	Access format	Northwestern UL "maintains a collection of menus from airlines, trains, and passenger ships. The bulk of the collection was donated by George Foster. The library is engaged in a project to digitize 400 of the menus

				at 600dpi. The inventory of the collection will be encoded in EAD and include links to JPEG2000 versions of the menus"
NSCU Libraries	Natural Resources Library "News" (Sept 2007) www.lib.ncsu.edu/news/nrl.php?m=200709	"Topographical Map Collection"	"Lossless and Lossy formats for web access"	"The digital collection is composed of both georeferenced JPEG 2000 format images and lossless (unaltered) non-georeferenced JPEG 2000 images. JPEG 2000 is a relatively new, yet widely supported image format that offers superior compression performance."
Princeton University Library	Princeton UL Digital Collections "Imaging Standards/About" http://diglib.princeton.edu/?_xq=html&_xsl=imaging.xsl	Digital Library (imaging standards)	TIFF Master files with JPEG 2000 derivatives	For the most part, we'll be deriving JPEG2000 images from the master TIFF files. JPEG2000 is a recently-developed imaging standard that is based on wavelet technology. Wavelets allow a great deal of end user functionality (like zooming, panning, etc.), while retaining small file sizes and little loss from a great deal of compression.
Smithsonian Libraries	"Minutes of the ALA/LITA JPEG2000 for Libraries and Archives interest group meeting" http://dtj.org/article/j2kig-minutes/		Preservation format	"the Smithsonian Libraries has started converting archival TIFFs to JPEG2000 and is considering use of the standard in the Biodiversity Heritage Library project (including a capability to cross-link taxonomic names in digitized text to online

				databases)."
State Library of Queensland	"State Library of Queensland - Digital Standard 2 – Digital capture & format, version 2.05" www.slq.qld.gov.au/data/assets/word_doc/0008/82691/DS2Capture_v2.05.doc	Digital capture and format	Open to future JPEG2000 preservation format	TIFF for master and JPEG for access...open to future migration to JPEG2000 for both.
State Library of Victoria (Australia)	"Heritage Map Digitisation: An adventure in applying aspects of Digital Preservation Policy" www.valaconf.org.au/vala2006/papers2006/36_McGrath_Final.pdf	Heritage map digitization project.	Access format	"TIFF master, from which derivatives are made[...] JPEG2000 has been utilised to create the required interactive web interface with a zoom facility and a linking capability between the three levels of the plans"
University of Connecticut	"Using JPEG2000 for Enhanced Preservation and Web Access of Digital Archives - A Case Study." http://charlesolson.uconn.edu/Works_in_the_Collection/Melville_Project/IST_Paper3.pdf	Archives and Special Collections at the Thomas J. Dodd Research Centre	Lossy JPEG2000 access format	Cards are scanned and stored as TIFF files, then compressed to JP2 in batch process (10:1 compression). "The original archival TIFF images may also be compressed using lossless JPEG2000 at a later date for long-term storage, thereby eliminating the need to store the large TIFF files"
University of Hawaii	"Services and Pricing" http://libweb.hawaii.edu/digicoll/grants/NLG/Attach5.pdf ."	Map Scanning	Access format	"Creation of uncompressed, unaltered TIFF image files, 24-bit RGB color, 600 dpi. Includes creation of 4 sets of derivatives: a full-size .JP2 (JPEG 2000), a 1600-pixel .JPG, an 800-pixel .JPG, and a 250-pixel .GIF thumbnail"
University of Nevada Reno Libraries	Historic Aerial Photos "Site Information" http://contentdm.library.unr.edu/digitalprojects/aerial/	Early Nevada Historic Aerial Photos	Access format	"The images were scanned for the NBMG in 2000 by the Nevada Department of

	aerialsiteinfo.html			Transportation Imagery Services at 8-bit grayscale on flatbed scanner at 1400 dpi to create high resolution, uncompressed TIFF images; the web images are made accessible in JPEG2000 format for zoom and pan interaction via CONTENTdm's interface for web delivery."
University of Tennessee Knoxville	"Digitization Standards and Procedures" http://diglib.lib.utk.edu/dlc/techdocs/UT_DigitizationStandards2004.pdf .	Digital Library Center-Digitization	Exploring JPEG2000 as image delivery format.	"JPEG-2000 will also be investigated as a possible alternative for delivery images" (2004)
University of Utah	Listserve http://listserv.arizona.edu/cgi-bin/wa?A2=ind0501&L=imagelib&P=749	Digital library	Access format	"We view JPEG2000 as very useful for delivery purposes, but are sticking with TIFF as our archival file format [...]. JP2 is still a very young format, and TIFF is the recognized and accepted archival standard."
Western Michigan University	"Minutes of the ALA/LITA JPEG2000 for Libraries and Archives interest group meeting" http://dtj.org/article/j2kig-minutes/	Digitization (special collections)	Access format	
Yale University Library	"JPEG 2000 Page Image Compression for Large-Scale Digitization at Yale" www.library.yale.edu/dpip/documentation/JPEG2PageImageCompressionatYUL.doc	Digitization	Lossy JPEG2000 access format	Recommendation to adopt lossy compression as standard for Yale's copy of the images produced in the Microsoft/Kirtas large-scale digitization project.
Film				
The Dance Heritage Coalition (DHC)	"Digital Video Preservation Reformatting Project" www.danceheritage.org/preservation/Digital_Video_Preservation_Report.doc		JPEG2000 recommended for preservation	"Our work was completed in the spring of 2004, with the recommendation to use JPEG2000 and

				Material Exchange Format (MXF) as the file standard...JPEG2000 was the only candidate format that met our criteria for mathematically lossless performance for archival purposes."
Digital Cinema Initiatives	"Digital Cinema System Specification Version 1.2" www.dcmovies.com/DCIDigitalCinemaSystemSpecv1_2.pdf		Standard for digital cinema compression	
Other applications				
Australia Dept. of Defence (2002)	"JPEG2000 - Implications for Defence" http://dspace.dsto.defence.gov.au/dspace/bitstream/1947/3520/1/DSTO-TN-0408.pdf	Military imagery systems	JPEG2000 found to be suitable for Defence applications.	"... it is expected that JPEG2000 will become a common standard for imagery... it will become the dominant international standard..."
Digital Imaging and Communications in Medicine (DIOCOM)	DIACOM "Homepage" http://medical.nema.org/	Standardized data format (for handling, storing, printing, and transmitting information in medical imaging)	Compression and Transfer Syntax is specified for JPEG 2000	
Federal Bureau of Investigation (FBI)	"FBI-Compliant Software for Compression and Transcoding of 500 ppi and 1000 ppi Fingerprint and Palm images" www.aware.com/biometrics/wsqa.htm	Fingerprint and Palm Images	The FBI has developed a standard for the compression and formatting of 1000 ppi fingerprint and palm images, called "Profile for 1000 ppi Fingerprint Compression". This profile requires the use of JPEG2000 for	

			compression and formatting of 1000 ppi images.	
Geospacial community	"Bringing JPEG 2000 into the GeoWeb" http://gismap.geospatial-solutions.com/gssgismap/article/articleDetail.jsp?id=381763	Geospacial imagery	JPEG2000 as recommended file format	"JPEG 2000 (JP2) is quickly becoming an accepted file format for storing large amounts of geospatial imagery"
Luna Imaging-insight	"Insight Software" www.lunaimaging.com/community/clients.html	digital image collections (software vendor)	JPEG2000 for digital image collections	"With integrated native support for JPEG 2000, the finest detail is made available at the fastest possible speeds without the need for plugins" extensive client list www.lunaimaging.com/community/clients.html

Tabell 2. Allmän acceptans och användning av JPEG2000 stillbildaformat vid de större internationella kulturarvsinstitutioner (hämtad i mars 2011 från <http://www.collectionscanada.gc.ca/digital-initiatives/012018-2100.01-e.html>)

Library support for JPEG 2000

Program	Basic (according to JP2)		Advanced (according to JPX)		Language	License
	Read	Write	Read	Write		
	AccuRad J2KSuite	Yes	Yes	Yes		
ERDAS ECW JPEG2000 SDK	Yes	Yes	?	?	C/C++	Proprietary
FFmpeg	in progress [Note 1]	in progress [Note 1]	?	?	C	LGPL
GTK (from 2.14)	Yes	No	?	No	C/GTK	LGPL
JasPer	Yes	Yes	No	No	C	MIT License -style
JJ2000	Yes	Yes	No	No	Java	Special (similar to BSD-style)
Kakadu	Yes	Yes	Yes	Yes	C++	Proprietary
LEADTOOLS	Yes	Yes	Yes	Yes	C, C++, .NET	Proprietary
OpenJPEG	Yes	Yes	?	?	C	BSD

Tabell 3. Applikationsbibliotek för att utveckla JPEG2000-applikationer i enlighet med Del 1 (JP2) och Del 2 (JPX) av JPEG2000-standarden (hämtad i mars 2011 från http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG_2000).

Application support for JPEG 2000

Program	Basic (according to JP2)		Advanced (according to JPX)		License
	Read	Write	Read	Write	
	ACDSee	Yes	Yes	?	
Accusoft Pegasus [4]	Yes	Yes	?	?	Proprietary
Adobe Photoshop ^[Note 2]	Yes	Yes	Yes	Yes	Proprietary
Apple iPhoto	Yes	No	Yes	No	Proprietary
Apple Preview	Yes	Yes	Yes	?	Proprietary
Blender ^[40]	Yes	Yes	?	?	GPL
Corel Photo-Paint	Yes	Yes	Yes	Yes	Proprietary
DBGallery	Yes	No	?	No	Proprietary
digiKam ^{[41][42]} (KDE ^[43])	Yes	Yes	?	?	GPL
ENVI	Yes	Yes	?	?	Proprietary
ERDAS IMAGINE	Yes	Yes	?	?	Proprietary
FastStone Image Viewer (Tabeller fortsätter nedan!)	Yes	Yes	Yes	Yes	Proprietary

FastStone MaxView	Yes	No	Yes	No	Proprietary
Mozilla Firefox	via extension [Note 3]	-	?	-	MPL/GPL/LGPL
GIMP	Yes ^[44]	No	?	No	GPL
GraphicConverter	Yes	Yes	Yes	?	Shareware
Gwenview (KDE ^[43])	Yes	Yes	?	?	GPL
IDL	Yes	Yes	?	?	Proprietary
ImageMagick	Yes	Yes	No	No	ImageMagick License
IrfanView	Yes [Note 4]	Partial [Note 4]	No	No	Proprietary
KolourPaint (KDE ^[43])	Yes	Yes	?	?	2-clause BSD
Mathematica	Yes	Yes	?	?	Proprietary
Matlab	via toolbox	via toolbox	via toolbox	via toolbox	Proprietary
Opera	via Quicktime	-	?		

Tabell 4. Applikationer som stödjer JPEG2000-filformat (hämtad i mars 2011 från http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG_2000).

Hållbarhetsfaktorer:	JP2	JPX	JPM
1. Öppenhet ("Disclosure") - Formella öppna standarder (tex ISO och ITU)	3	3	3
2. Dokumentation ("Documentation") - Copyright-fria, tillgängliga och fullständiga tekniska specifikationer och kontinuerliga tillägg (se de olika ISO- standarddelarna) - Verktyg för att kunna genomföra en referensimplementering - Överensstämmelseverktyg	3 Ja Ja	3 Nej Nej	3 Nej Nej
3. Licens- och patentkrav ("Licensing and patent claims") - Fri från licens- och patentkrav	Ja (i bästa fall)	Nej	Nej
4. Allmän acceptans ("Adoption") - Anammat av många användare och väl spritt inom ett stort antal discipliner - Har implementerats i många applikationer (bla webbläsare) - Kan implementeras på många hård- och mjukvaru-plattformar - Tillgång till ett stort antal utvecklingsverktyg och applikationer - Tillgång till formatvalideringsverktyg	2 2 3 2 Ja	1 1 3 1 Ja	1 1 3 1 Nej
5. Självdokumentation (Self-documentation") - Stöd för inbäddad metadata av olika slag - Stöd för standardfärgrymder och inbäddade ICC-färgprofiler	3 1	3 3	3 3
6. Transparens ("Transparency") - "Enkel" kodning - "Enkel" komprimering - "Enkel" avkodning - Möjlighet till teknisk "lossless" komprimering - Effektivt bandbreddsutnyttjande - Bitfeltolerant dataöverföring (robusthet) - Skydd för datakorruption - Mångsidig bildbearbetning - Hantering av upphovsrättigheter - Bakåt- och framåtkompatibilitet (Finns inga äldre/ännu ej nyare "JPEG2000-versioner")	2 2 2 3 3 3 3 3 3 1 -	1 1 1 3 3 3 3 3 3 3 -	1 1 1 3 3 3 3 3 3 3 -
(Tabellen fortsätter nedan!)			

7. Yttre beroenden (<i>External dependencies</i>) - Beroende av specifik hårdvara - Beroende av specifika utvecklingsverktyg eller applikationer - Beroende av specifika operativsystem	Nej Nej Nej	Nej Nej Nej	Nej Nej Nej
8. Tekniska skyddsförhållanden (<i>Tekniska protection considerations</i>) - Beroende av specifika implementeringar - Beroende av komplicerade kodnings- komprimerings- och avkodningssätt (Ja, om man betraktar kodnings- och komprimeringsspecifikationerna för de tre JPEG2000-filformaten som komplicerade) - ”Skydd” för upphovsrättigheter (Ja, om man inte implementerar denna metadatafunktion eftersom den är tillgänglig (motsägelsefullt) – se punkt 6 ovan)	 Nej Ja Ja	 Nej Ja Ja	 Nej Ja Ja

Tabell 5. Poängsättning av JPEG2000-stillbildaformatens uppfyllelse av Library av Congress´ hållbarhetsfaktorer (1=mindre bra; 2=bra; 3=mycket bra samt Ja eller Nej). K-M Drake, mars 2011

Kvalitet och funktionella faktorer	JPEG2000-stillbildaformat		
	JP2	JPX	JPM
<i>Rumslig upplösning och tonreproduktion:</i>			
- Pixeldimension	4294967295x 4294967295 pixlar	Se JP2	Se JP2
- Bitdjup/kanal	1-38 ("lossy") 1-32 ("lossless")	Se JP2	Se JP2
- Antal kanaler	Max. 16384 (kan ge bla multispektral tonåtergivning)	Se JP2	Se JP2
- Total bildstorlek	Över 200 Tb	Se JP2	Se JP2
- Varierande grad av detaljåter- givning per totalbild eller del- bild eller komponent (R-G- B-kanal) utifrån en och samma kodström styrd av tillgänglig kodströmsaktitektur och avkodarens funktionalitet	Ja	Se JP2	Se JP2
- Terabyte-bildfiler kan delas upp på 1000-tals delbilder ("tiles")	Ja	Se JP2	Se JP2
<i>Bildåtergivning:</i>			
- Kan hantera de flesta typer av bild- och textdokument	Ja	Se JP2	Se JP2
- Matematisk förlustfri (lossless) komprimering.	Ja	Se JP2	Se JP2
- Visuellt förlustfri (lossless) komprimering	Ja	Se JP2	Se JP2
- Förlustgivande (lossy) komprimering.	Ja	Se JP2	Se JP2
- Intresseregion ("ROI- Region- of-Interest")	Ja	Se JP2	Se JP2
- Bitfeltolerans vid brusig bildöverföring	Ja	Se JP2	Se JP2
- Olika typer av progressiv överföring och visning	Ja	Se JP2	Se JP2
- Överlägsen bildkvalitet vid låga "bitrates" (<0.25 bits/pixel) och komprimeringskvoter jämfört med JPEG	Ja	Se JP2	Se JP2
(Tabellen fortsätter nedan!)			

<i>Färghantering:</i>	JP2	JPX	JPM
- Tillåtna färgrymder (RGB; CMYK; LAB; YCbCr; mfl)	Alla input-färgrymder konverteras alltid till en YCbCr-färgrymd vid lossy-komprimering och alltid till en YUV-baserad färgrymd vid lossless-komprimering	Alla input-färgrymder konverteras alltid till en YCbCr-färgrymd vid lossy-komprimering och alltid till en YUV-baserad färgrymd vid lossless-komprimering	Alla input-färgrymder konverteras alltid till en YCbCr-färgrymd vid lossy-komprimering och alltid till en YUV-baserad färgrymd vid lossless-komprimering
ICC-färgprofilstöd	Begränsat till "direkt" stöd för "enklare" input-ICC-färgprofilspecificationer såsom sYCC; sRGB och gråtons- sRGB eller indirekt stöd via inbäddade ICC-färgprofiler (tex Adobe 1998)	Direkt stöd för de flera klasser av idag förekommande ICC-färg -profiler eller indirekt stöd via inbäddade ICC-färgprofiler (tex Adobe 1998)	Direkt stöd för de flera klasser av idag förekommande ICC-färgprofiler eller indirekt stöd via inbäddade ICC-färgprofiler (tex Adobe 1998)
<i>Stöd för grafiska effekter och typograf:</i>	Nej	Nej	Nej

Tabell 6. De tre JPEG2000-stillbildaformatens uppfyllelse av kvalitet och funktionella faktorer (K-M Drake; mars 2011)

Huvudprocesser i anslutning till JPEG2000-kodning

Följande huvudprocesser ingår i JPEG2000-kodning:

1. Färgrymdstransformering
2. Bildsubindelning och wavelet-transformering
3. Kvantisering
4. Blockkodning, aritmetisk kodning och paketering

1. Färgrymdstransformering

För att JPEG2000-standarden skall kunna koda färg måste alla bildfiler som ursprungligen ligger i en RGB-färgrymd (den normala färgrymden för inskannade bilder) alltid överföras till en av följande två nya färgrymder innan de olika stegen i JPEG2000-bildprocessen påbörjas

1. Till en YCbCr-färgrymd vid sk flyttalsbaserad ICT- (Irreversible Color Transform)-transformering eller
2. till en YUV-baserad färgrymd vid sk heltalsbaserad RTC- (Reversible Color Transform)-transformering

Som namnen antyder innebär ICT-färgtransformering och RTC-färgtransformering förlustgivande respektive förlustfri färgåtergivning.

Eftersom det mänskliga ögat normalt är mer känsligt för luminans- eller gråtonsvariationer (Y) än för krominans- eller färgskiftningar (Cb-Cr/U-V) i en bild kan en kraftigare förlustgivande komprimering utföras på de två färgkomponenterna än på Y-komponenten utan synbar färgförändring i den resulterande färgbilden.

Transformering av monokroma (svart-vita) och gråtonsbildfiler vid JPEG2000-kodning sker ungefär på samma sätt som för en färgbildfil men utifrån endast luminans (Y)-komponenten. Det bör här nämnas att de relativt nya binära ISO-standardfilformaten JBIG-1 och JBIG-2 är betydligt bättre lämpade att användas än JPEG2000-filformaten för enbart "svartvita" textdokument.

2. Bildsubindelning och wavelet-transformering

Efter ovannämnda färg- och luminanskomponentnedbrytning splittras bildfilen upp i ett godtyckligt antal lika stora rektangulära plattor av valfri storlek ("tiles") som kodas var för sig.

Denna uppdelning av hela bildfilen i mindre likformiga delbilder ("tiles") innebär att senare avkodning av bildfilen kan ske snabbare och med mindre minnesbehov samt dessutom ger möjlighet till att selektivt avkoda specifika (rumsliga) partier i bildfilen (se ROI- (Region-Of-Interest)-tekniken i avsnitt 3.3 nedan).

Nackdelen med subindelning av en bildfilen är att bildkvaliteten minskar genom att det "elektroniska bruset" ökar eller mer korrekt PSN ("Peak-Signal-to-Noise)-kvoten minskar.

Vid ett stort antal plattor ("tiles") kan JPEG2000-bild uppvisa en blockaktig artefakteffekt vid alla "tile"-gränser, vilket är ett vanligt förekommande fenomen i JPEG-bilder.

Ur matematiskt synvinkel är wavelet-transformering nära förknippad med olika typer av sk subsamlingsprocesser, vilka alla strävar efter att reducera antalet provtagningspunkter i den ursprungliga bilddatamatrixen och därmed minska bildens rumsliga upplösning. Denna "subsampling" av "tiles" per komponent i samband med ett godtyckligt antal wavelet-transformeringar (maximalt 32 st) resulterar i ett antal sk "subband"-baserade rumsliga sk frekvenskomponenter. Vid varje wavelet-transformering minskar subbandsstorleken med en faktor $2 \times 2 = 4$.

Wavelet-transformering (DWT) sker sedan till ett godtyckligt djup (till minsta önskad subbandstorlek) enligt ett av följande två sätt

- irreversibelt genom flyttalsbaserad sk 9/7-wavelet-transformering (vid förlustfri JPEG2000-komprimering) eller
- reversibelt genom heltalsbaserad sk 5/3-wavelet-transformering (vid förlustgivande JPEG2000-komprimering).

3. Kvantisering

Efter wavelet-transformering sker en sk kvantisering (reducering i precision) av alla "subband"-baserade rumsliga frekvenskomponenterna. Kvantiseringen resulterar i sk kvantiserade koefficienter.

Genom att variera antal kvantiseringssteg kan olika bildkvaliteter och indirekt varierande komprimeringskvoter erhållas. I de fall kvantiseringsstegen resulterar i dataförlust slängs helt enkel denna "överskottsdata" bort (gäller vid förlustgivande flyttalsbaserad JPEG2000-komprimering). Om ingen kvantisering utförs genereras ingen dataförlust (gäller vid förlustfri heltalsbaserad JPEG2000-komprimering).

Det är vid kvantiseringsmomentet som själva bildkomprimeringen sker (och inte vid föregående wavelet-transformering).

4. Blockkodning, aritmetisk kodning och paketering

Efter kvantisering indelas som tidigare nämnts varje subband i ett antal mindre beståndsdelar benämnda kodblock, vilka var och en har en maximal pixeldimensionen av 64×64 .

Som tidigare nämnts grupperas dessa kodblock sedan i större sk "precints" för att bli göra kodning så minneseffektiv som möjlig.

Varje kodblock (representerande en rad sk kvantiserade koefficienter) delas först upp i bitplan där den mest signifikanta biten (MSB, Most Significant Bit) från varje koefficient placeras i det mest signifikanta bitplanet, den näst signifikanta biten i nästkommande bitplan och så vidare tills alla bitar är fördelade i bitplanen. Därefter kodas varje bitplan i ett kodblock tre gånger medan varje bit endast kodas en gång i någon av tre omgångar. Kodad information uppdelas sedan i tre strukturerade subbitplan. Ni hänger väl med i svängarna?

Dessa subbitplan utgör sedan indata till efterföljande sk aritmetisk kodning, vilken är specifik för JPEG2000-kodning.

Aritmetisk kodning har till uppgift att ytterligare bryta ned och komprimera bilddata genom sk symbolkodning i kombination med sannolikhetsberäkningar.

Aritmetiskt kodade bilddata fördelas sedan i ett eller flera lager med subband på samma upplösningsnivå i bitströmmen. Varje lager innehållande subband, med underliggande kodblock och deras olika bitplan, kan sedan användas av avkodaren för att successivt förbättra bildkvaliteten. De olika bilddatabeståndsdelarna i kodströmmen struktureras och paketeras sedan i ett antal sk grundpaket.

I JP2-formatet kan de fyra grundpaketen "Lager" (L); "Upplösning" (U); "Position"(P) och "Komponent"(K) kombineras på endast följande fem sätt för att erbjuda olika sk progressionsordningar (dvs olika bildkvaliteter/bildöverföringssätt) när bilddata skall avkodas hos användaren:

Kvalitetordning: L-U-K-P

Upplösningsordning 1: U-L-K-P

Upplösningsordning 2: U-P-K-L

Positionordning: P-K-U-L

Komponentordning: K-P-U-L.



IT-Avdelningen
Enheten för Digital Produktion
Henrik Johansson

Preliminär specifikation för JPEG2000 (arkivfil)

I detta dokument presenteras en preliminär specifikation för användning av JPEG2000 inom projektet Digidaily. Eftersom kravarbetet ännu ej är avslutat kan specifikationen komma att ändras eller utvidgas. Det är även sannolikt att inställningsmöjligheter hos den valda programvaran kommer att påverka specifikationen.

Programvara: Valfri, men förslagsvis Kakadu, Aware eller LuraWave då dessa anses vara de främsta.

Använda delar av standarden: Endast del 1 (JP2). Måste kontrolleras med JHOVE.

Filter: 9-7 irreversible wavelet filer (förstörande komprimering)

Komprimeringsgrad: 1.33 bits per pixel vilket motsvarar 6:1.

Kodningsordning: RPCL

Bitdjup: 8 bitar, första numret i varje årgång lagras med 24 bitar.

Resolution levels: 6. Anpassas vid behov för resultera i tumnagelstorlek runt 180x120 pixlar.

Code-block size: 64x64

Tiles: 1024x1024

Precints: Nej

Färgrymd: Gråskala samt sRGB (endast för de nummer som lagras i färg)

Coder Bypass Mode: Ja

Quality Layers: 14 lager som motsvarar kompressionsgraderna 6:1 till 512:1 Se tabell nedan.

Inbäddad metadata: Kommer att bestämmas vid senare tidpunkt med anledning av Karl-Magnus Drakes utredningsuppdrag.

Tile Length Markers: Ja

Start of Packet marker: Ja

End of Packet marker: Ja

Segmentation Symbols: Ja

Quality Layers		
Lager	Bit rate	CR
1	1.33	6.0
2	1.0	8.0
3	0.7	11.4
4	0.5	16.0
5	0.35	22.9
6	0.25	32.0
7	0.18	44.4
8	0.125	64.0
9	0.088	90.9
10	0.0625	128.0
11	0.04419	181.0
12	0.03125	256.0
13	0.0221	362.0
14	0.015625	512.0



IT-Avdelningen
Enheten för Digital Produktion
Henrik Johansson

Preliminär specifikation för JPEG2000 (visningsfil)

I detta dokument presenteras en preliminär specifikation för användning av JPEG2000 inom projektet Digidaily. Eftersom kravarbetet ännu ej är avslutat kan specifikationen komma att ändras eller utvidgas. Det är även sannolikt att inställningsmöjligheter hos den valda programvaran kommer att påverka specifikationen.

Programvara: Valfri, men förslagsvis Kakadu, Aware eller LuraWave då dessa anses vara de främsta.

Använda delar av standarden: Endast del 1 (JP2). Måste kontrolleras med JHOVE.

Filter: 9-7 irreversible wavelet filer (förstörande komprimering)

Komprimeringsgrad: 0.5 bits per pixel vilket motsvarar 16:1.

Kodningsordning: RPCL

Bitdjup: 8 bitar, första numret i varje årgång lagras med 24 bitar.

Resolution levels: 6. Anpassas vid behov för resultera i tumnagelstorlek runt 180x120 pixlar.

Code-block size: 64x64

Tiles: 1024x1024

Precints: Nej

Färgrymd: Gråskala samt sRGB (endast för de nummer som lagras i färg)

Coder Bypass Mode: Ja

Quality Layers: 11 lager som motsvarar kompressionsgraderna 16:1 till 512:1 Se tabell nedan.

Inbäddad metadata: Kommer att bestämmas vid senare tidpunkt med anledning av Karl-Magnus Drakes utredningsuppdrag.

Tile Length Markers: Ja

Start of Packet marker: Ja

End of Packet marker: Ja

Segmentation Symbols: Ja

Quality Layers		
Lager	Bit rate	CR
1	0.5	16.0
2	0.35	22.9
3	0.25	32.0
4	0.18	44.4
5	0.125	64.0
6	0.088	90.9
7	0.0625	128.0
8	0.04419	181.0
9	0.03125	256.0
10	0.0221	362.0
11	0.015625	512.0

Parameter	BL ¹	LoC ²	NLM ³	Wellcome ⁴	WAMCP ⁵	Czech NL ⁶	Czech NL	Czech NL	TNA ⁷
Used for	Newspapers	Newspapers	Book page images	Wide variety (masters)	Manuscripts (production)	Wide variety (masters)	Books, periodicals (production)	Maps, manuscripts (production)	Digital surrogates
Conversion software used	Leadtools	Kakadu	Kakadu	LuraWave	Kakadu	Kakadu	Kakadu	Kakadu	LuraWave & IntoPIX
File format	Part 1 (.jp2)	Part 1 (.jp2)	Part 1 (.jp2)	Part 1 (.jp2)	Part 1 (.jp2)	Part 1 (.jp2)	Part 1 (.jp2)	Part 1 (.jp2)	Part 1 (.jp2)
Lossy or lossless	Lossy	Lossy	Lossless	Lossy	Lossy	Lossless	Lossy	Lossy	lossy
Typical compression			9:1	6:1	10:1	2:1 to 3:1	20:1 to 30:1	8:1 to 10:1	10:1
Tiling	none	1024 x 1024	none	1024 x 1024	1024 x 1024	4096x4096	1024x1024	1024x1024	none
Progression order	RPCL	RLCP	RPCL	RLCP	RPCL	RPCL	RPCL	RPCL	RPCL
Number of decomp.levels	6	6	6	5	5	5 or 6	5	5 or 6	7
Number of quality layers	Multiple	25	6	8	3	1	12 /logarithmic/	12 /logarithmic/	7
Code block size (xcb = ycb)	6	6		6		6	6	6	
Transformation	9-7 irreversible filter	9-7 irreversible filter				5-3 reversible	9-7 irreversible	9-7 irreversible	9-7 irreversible
Precinct size	256x256 for first two decomp. levels, 128 by 128 for lower levels	Not used	256x256 for first two decomp. levels, 128 by 128 for lower levels	Not explicitly specified	Not explicitly specified	256x256 for first two decomp. levels, 128 by 128 for lower levels	256x256 for first two decomp. levels, 128 by 128 for lower levels	256x256 for first two decomp. levels, 128 by 128 for lower levels	Not explicitly specified
Regions of Interest	No	No		No	No	No	No	No	No
Code block size	64x64	64x64	32x32	64x64	64x64	64x64	64x64	64x64	64x64
TLM markers	No		No	Yes	No	Yes "R"	Yes "R"	Yes "R"	No
Bypass				No		Yes	Yes	Yes	Not specified

¹British Library

²Library of Congress report – see http://www.loc.gov/ndnp/pdf/NDNP_JP2HistNewsProfile.pdf

³National Library of Medicine, USA

⁴Wellcome report - see <http://library.wellcome.ac.uk/assets/wtx056572.pdf>

⁵Wellcome Arabic Manuscripts Cataloguing Project - JPEG 2000's stored at Bibliotheca Alexandrina, Egypt

⁶National Digital Library, <http://ndk.cz/narodni-dk>

⁷The National Archives, Kew (more info chris.owens@nationalarchives.gsi.gov.uk)