



Danske lav-energi magasiner og nyeste udvikling

Lise Ræder Knudsen, , direktør , konservator ph.d., konserveringscenter Vejle

Konserveringscenter
bygget 2003

Nye hjælpe arealer 2013:
Særudstillingsopbevaring,
karantænerum, montrer,
anoxia og varmedesinfektion

Første magasiner bygget
2003. Faste reoler.

Nyt magasin 2013
Kompakt-pallereoler
og kompakt-arkivreoler



Konserveringscentret og
Fælles Museumsmagasiner



Museer og arkiver, som
vi arbejder for













Langelands Museum 1988 – bygningskoncept 1

Træladebygning

- Opvarmning
- Isoleret gulv
- Luftfugtighed 35-65% med affugter





Tre museer i Århus 1990 – bygningskoncept 2

Videre udvikling af standard landbrugshaller.

- Uisolerede betongulve
- Metal spær
- Isolerede vægge, metalbeklædning
- Loft og vægge indvendigt lavet af gipsplade
- Affugter installeret
- Ingen opvarmning





16 museer og arkiver i Vejle Amt 2003 – Bygningskoncept 3

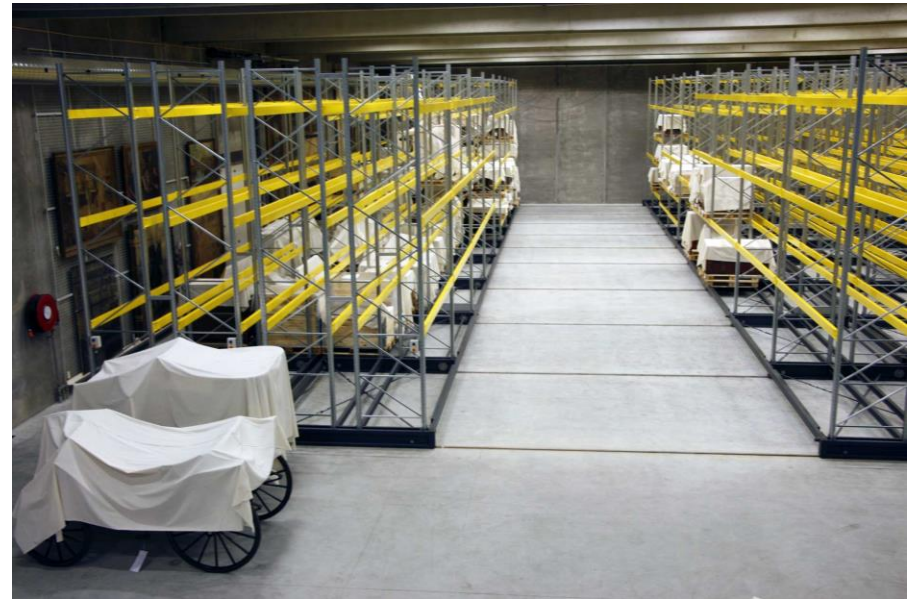
- Uisolerede betongulve
- Bygningskrop af 240 mm beton
- Isolerede vægge beklædt med metalbeklædning
- Affugter installeret
- Ingen opvarmning



Museum Sydvestjylland (Ribe 2005) – Bygningskoncept 4

- Uisolerede betongulve
- Bygningskrop af mursten
- Isolerede vægge af moler
- Affugter installeret
- Ingen opvarmning

Museums Østjylland fællesmagasin i Randers - Bygningskoncept 3



Museum Vestsjællands magasin i Ugerløse - Bygningskoncept 3

Nordjyllands Historiske Museum,
Kunsten og Stadsarkivets magasin på
Vang Mark - Bygningskoncept 3



Kunst og Historie
København's nye
magasin i Taastrup



Forskningsprojekt i samarbejde med Danmarks Tekniske Universitet, DTU Byg i 2010:

Formål:

At designe en endnu bedre version af byggekonceptet for vores magasinbygningen fra 2003, dvs. at opnå:

- Højere kvalitet for opbevaring af kulturarv
- Lavere byggeomkostninger
- Lavere energiforbrug

Metode:

En avanceret undersøgelse ved anvendelse af de foregående fem års klima data og den nyeste simuleringsteknologi.



Nybygning 2013 Fælles Museumsmagasiner i Vejle, detaljer bl.a.:

- Uisolerede betongulve
- Bygningskrop af beton
- Isolerede vægge beklædt med metalbeklædning
- Affugter installeret
- Høje krav til bl.a. tæthed og fundamenter
- Ingen opvarmning



Metode til evaluering af det nye bygningskoncept:

- Kvalitet
TWPI: Time Weighted Preservation Index
Risiko for nedbrydning < 45
 $45 \leq \text{OK} < 75$
 $75 \leq \text{Godt}$
- Anlægsomkostninger
(Kr pr. m² bygning og kr pr. m³ genstande opbevaret)
- Energi forbrug
(kWh/m³/år)

Lav-energi museums magasiner i Danmark bygget til formålet

Bygning	Ejer	Bygningskoncept	Opførelses tidspunkt
Magasinet	Langelands Museum	1	1988
Magasinerne i Trige	Den Gl. By, Kvindemuseet, Natyrhistorisk Museum, Århus	2	1990
Magasinet ved Oddervej	Moesgaard Museum	2	1992
Fællesmagasinet bygget 2003 (Vejle 2003)	Fælles Museumsmagasiner i Vejle	3	2003
Magasinbygningen, Ribe (Ribe 2005)	Sydvestjyske Museer	4	2005
Fællesmagasinet Randers	Museum Østjylland	3	2007
Fællesmagasinet, Ugerløse	Museum Vestsjælland	3	2010
Windum Flytteforretning, Hillerød	Designmuseum Danmark	3	2010
Samlingshuset, Vang Mark	Nordjylland Historiske Museum	3	2011
Fællesmagasinet bygget 2013 (Vejle 2013)	Fællesmagasinet i Vejle	5	2013



NATIONALMUSEET

BEVARINGS AFDELINGEN

Low-energy Museum Storage Buildings:
Climate, Energy Consumption and Air Quality

UMTS Research Project 2007-2011:
Final Data Report

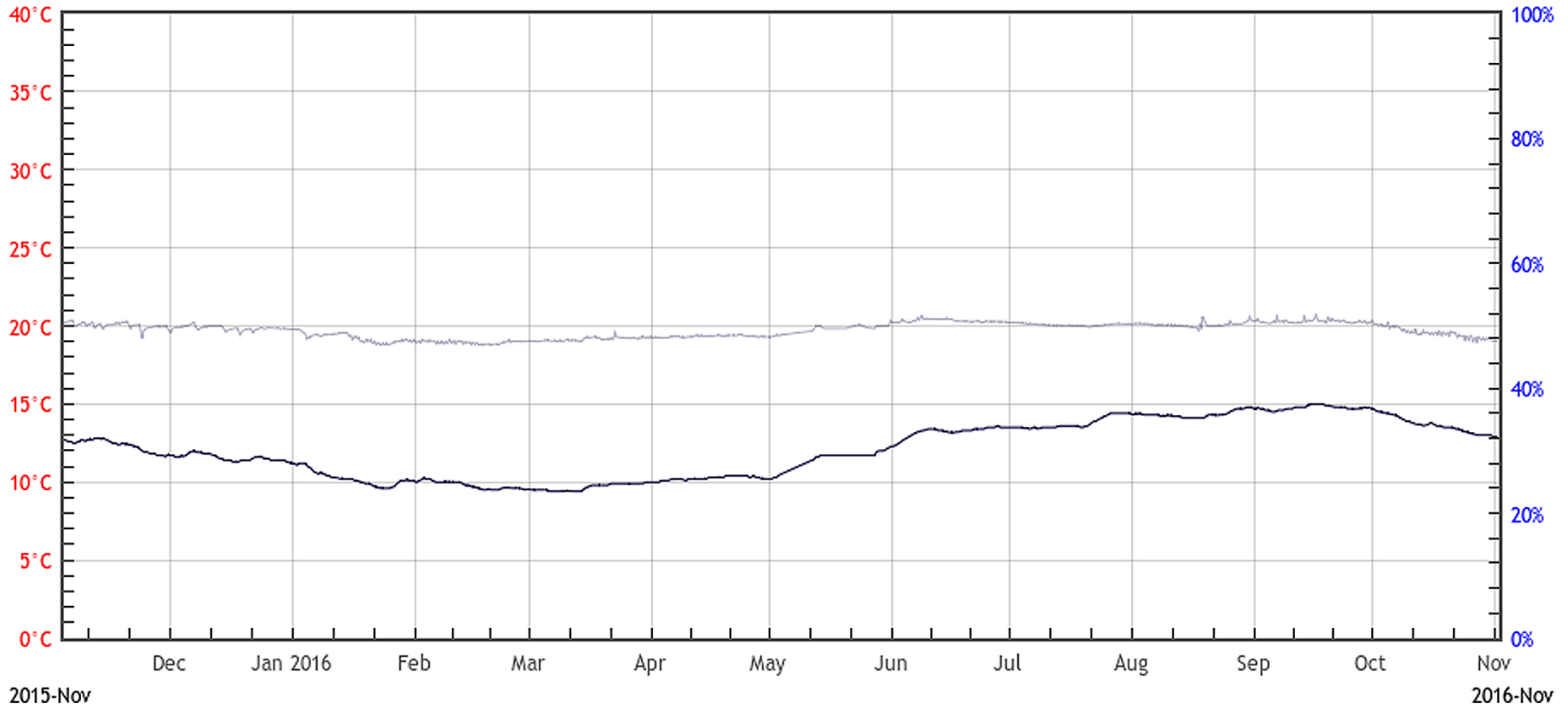


Evaluering af kvalitet:

Storage room basic/dry climate	Construction principle	Relative humidity [%]	Temperature [°C]	TWPI [index]
Vejle 2003 basic	3	45 – 55	7 – 17	115
Ribe 2005 basic	4	45 – 55	9 – 15	115
Vejle 2013 basic	5	48 – 51	9 – 15	116
Vejle 2003 dry	3	35 – 45	10 – 18	130
Ribe 2005 dry	4	32 – 38	11 – 22	88
Vejle 2013 dry	5	37 – 42	8 – 16	156

T °C & RH of HAL_F11_5 2015-11-03 - 2016-11-01

HAL_F11_5 T °C HAL_F11_5 %RH



Evaluering af byggeomkostninger per m²



Storage building	Construction principle	Area of building [m ²]*	Construction cost ex site and tax, incl. shelves [kr/m ²]
Vejle 2003	3	3.417 (Basic storage: 2505, dry storage: 383)	5.800
Ribe 2005	4	1.835 (Basic storage: 994, dry storage: 99)	11.500
Vejle 2013	5	2.535 (Basic storage: 1310, dry storage: 484)	6.700

Evaluation of the cost of the building per m³

Storage building	Construction principle	Volume of stored objects and works of art [m ³]	Construction cost ex site and tax, incl. shelves per m ³ of objects and works of art [kr/m ³]
Vejle 2003	3	4.500	4.400
Ribe 2005	4	?	?
Vejle 2013	5	5.650	3.000

Evaluering af energiforbrug alt i alt

Storage building	Construction principle	Energy use in storage room basic climate (50% RH) [kWh/m ³ /year]	Energy use in storage room dry climate (40% RH) [kWh/m ³ /year]
Vejle 2003	3	1.5	4.0
Ribe 2005	4	1.5	?
Vejle 2013	5	0.4	1.4

Betydning økonomisk for driftsudgift:

Aktuelt magasinprojekt, som har et bygningsvolumen på 36.000 m³:

Energi forbrug ved konventionel klimastyring: ca. 28 kWh/m³/år

Energiforbrug ved anvendelse af byggekoncept Vejle 2013: ca. 0,4 kWh/m³/år

Årlig driftsudgift el, konventionelt, klimastyret magasin: **2.016.000 kr**

Årlig driftsudgift el, byggekoncept Vejle 2013: **29.000 kr**

Mål opnået ved udbygningen 2013 af Fælles Museumsmagasiner i Vejle:

- **At hæve kvaliteten for opbevaring af kulturarv:**

Basis klima på 50% RH: Fra TWPI på 115 til 116

Tørt klima på 40% RH: Fra TWPI på 130 til 156

- **At sænke anlægsprisen:**

Pris pr. kubikmeter opbevaringsplads:

Fra 4.400 kr pr. m³ til 3.000 kr pr. m³

- **At sænke drifts udgiften til strøm og hermed til CO2 aftrykket:**

En besparelse på 73% sammenlignet med magasinerne 2003 i Vejle og 2005 i Ribe.

En besparelse på 99% sammenlignet med konventionel klimastyring.

Low energy Museum Storage Buildings: Climate, Energy Consumption and Air Quality. Technical report.

Ryhl-Svendsen, M., L. Aasbjerg Jensen, B. Bøhm, and P. K. Larsen. 2012.
Copenhagen: National Museum of Denmark.

www.conservationphysics.org/storage/low-energy_museum_storage_buildings.pdf.

A Review of the Physics and the Building Science which Underpins Methods of Low Energy Storage of Museum and Archive Collections

Tim Padfield, Morten Ryhl-Svendsen, Poul Klensz Larsen & Lars Aasbjerg Jensen (2018), *Studies in Conservation*, 63:sup1, 209-215, DOI: 10.1080/00393630.2018.1504456

New Concept for Museum Storage Buildings – Evaluation of Building Performance Model for Simulation of Storage

Christensen, Jørgen Erik ; Knudsen, Lise Ræder ; Kollias, Christos Georgios

part of: 2016 International Conference on Architecture and Civil Engineering., 2016

Presented at: 4th Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering

Type: Article in proceedings (Peer reviewed)

Status: Published | År: 2016

Hygrothermal evaluation of a museum storage building based on actual measurements and simulations

Christensen, Jørgen Erik ; Kollias, Christos Georgios

part of: 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015, pages: 651-656, 2016

Presented at: 6th International Building Physics Conference (IBPC 2015)

Type: Article in proceedings (Peer reviewed)

Status: Published | År: 2015 |

Hygrothermal optimisation of museum storage spaces

Janssen, Hans ; Christensen, Jørgen Erik

in: Energy and Buildings, vol: 56, pages: 169-178

Type: Journal article (Peer reviewed)

Status: Published | År: 2013 |

Hygrothermal performance optimisation of a museum storage building

Christensen, Jørgen Erik ; Janssen, Hans ; Tognolo, Barbara

part of: Buildings XI, 2010

Presented at: Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole
Buildings XI International Conference

Type: Article in proceedings (Peer reviewed)

Status: Published | År: 2010

Performance of Danish low-Energy Museum Storage Buildings

Ræder Knudsen, L., and S. R. Lundbye. 2017. In ICOMCC18th Triennial Meeting Copenhagen Preprints, edited by J. Bridgland. Paris: ICOM-CC. <http://icom-cc-publicationsonline.org/PublicationList.aspx?search=knudsen&wg=0&vy=Copenhagen+2017&t=0&page=1>.

Tak for opmærksomheden!

