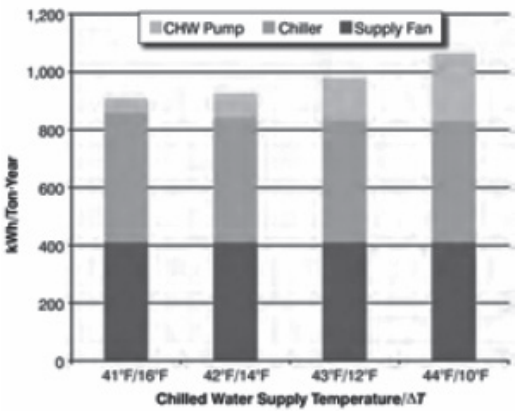
การเลือกคอยล์น้ำเย็น สำหรับความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 15˚ F

จากการเริ่มใช้น้ำเย็นที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิเข้าและออกมากกว่า 10°F ในมาตราฐานของการใช้พลังงานใน ASHRAE Standard 90.1-2016 ไปเป็นอย่างน้อย 15°F โดยอุณหภูมิที่ออกจากคอยล์น้ำเย็นไม่ต่ำกว่า 57°F ที่ design conditions

รูปที่ 1: อุณหภูมิของน้ำที่เข้าและออกจากคอยล์ หากมีอุณหภูมิด้านออกที่ 57°F และความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 15°F

จากรูปที่ 1 หากน้ำเย็นออกจากคอยล์ที่ 57°F และความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 15°F คอยล์จะต้องถูกออกแบบที่ที่ 42°F และรองรับอัตราการไหลสำหรับภาระการความเย็นที่ต้องการออกแบบ โดยหัวใจหลักของการนำเสนอความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 15°F นี้ หากมองถึงประสิทธิภาพโดยรวมของระบบทำความเย็นจะทำให้การออกแบบที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออกมากกว่า และอัตราการไหลที่น้อยกว่าแบบความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 10°F จะทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบทำความเย็นมีประสิทธิภาพสูงสุดในจุดที่เหมาะสม จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานของพัดลมนั้นมากขึ้น แต่สามารถลดพลังงานของปั๊มน้ำลงมากกว่า และการลงทุนเทียบกับขนาดของคอยล์น้ำเย็นที่ใหญ่ขึ้น แต่สามารถลดค่าท่อและปั๊มน้ำลงได้มากกว่า ซึ่งโดยรวมแล้วการวิเคราะห์นี้ต้องการส่งเสริมให้เลือกใช้คอยล์น้ำเย็นที่มีพื้นที่การแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใหญ่ขึ้น เพื่อทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออกสูงขึ้น



รูปที่ 2: เปรียบเทียบการใช้พลังงานของอุณหภูมิเจ้าคอยล์ที่ลดลง

การใช้น้ำเย็นที่เย็นลงกว่าเดิมก็สามารถทำให้พลังงานของพัดลมใกล้เคียงกับการออกแบบเดิมได้ ซึ่งเป็นผลให้เครื่องทำน้ำเย็นใช้พลังงานมากขึ้นแต่ในภาพรวมก็ทำให้ระบบทำความเย็นมีการใช้พลังงานน้อยลงดังแสดงในรูปที่ 2

อย่างไรก็ตาม ข้อกำหนดใน ASHRAE Standard 90.1-2016 หัวข้อ 6.5.4.7 ก็มีข้อยกเว้นหลักๆ สำหรับการเลือกคอยล์น้ำเย็นสำหรับความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 15°F ดังนี้

1. Fan-cooling units ที่มีลมไม่เกิน 5000 cfm ซึ่งรวมไปถึง fan-coils, blower-coils และเครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก เนื่องจาก fan-coils ขนาดเล็กส่วนใหญ่นั้น ผู้ออกมาตรฐานมองว่ามีผู้ผลิตส่วนใหญ่เลือกใช้จำนวนแถวของคอยล์ไม่มากที่จะรองรับความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 15°F แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้มาตรฐานไม่ได้บังคับให้ใช้ แต่ผู้ออกแบบก็ยังสามารถเลือก คอยล์ขนาดเล็กที่รองรับความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นที่ 15°F ได้

2. คอยล์ที่มีอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าคอยล์ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 50°F โดยหากมองที่รูปแบบการใช้งานที่อุณหภูมิที่กำหนดนี้ จะเน้นไปที่ sensible-only cooling เป็นหลัก

3. Constant-air-volume systems แต่หากมองถึงภาพรวมทั้งระบบการเลือกคอยล์ที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิที่มากกว่า 10°F และใช้น้ำเย็นขาเข้าคอยล์ที่ต่ำลงกว่าเดิมเล็กน้อยก็ยังทำให้ระบบมีการใช้พลังงานลดลง ดังแสดงในรูปที่ 2

ซึ่งข้อกำหนดนี้มีกับรูปแบบการใช้งานแบบ mixed-air และ multiple-zone VAV systems โดยที่ออกแบบแบบ variable airflow และอัตราการไหลของลมมากกว่า 5000 cfm

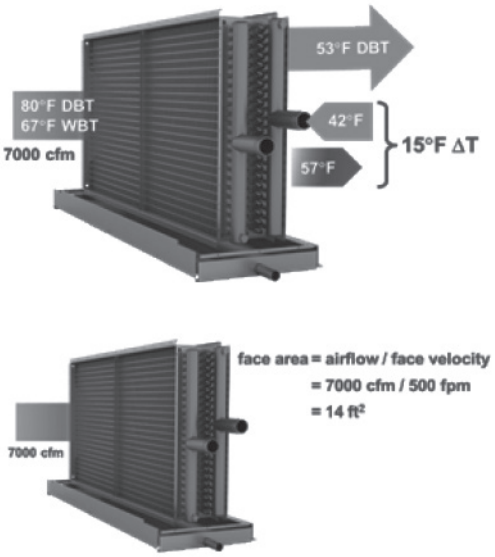
หรือ single-zone VAV air handler ที่ใช้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น หอประชุม หรือพื้นที่ในโรงงาน

รวมถึง dedicated outdoor air system (DOAS) ที่ออกแบบเป็น variable airflow โดยรวมถึงการใช้ demand-controlled ventilation ด้วย

โดยข้อกำหนดนี้หากมองไปถึงการเลือกคอยล์น้ำเย็นที่จะใช้งานกับความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นที่ 15°F ได้นั้น อาจตั้งconditionsของการใช้งานดังนี้

อุณหภูมิของน้ำที่เข้า 42°F และออกจากคอยล์ 57°F มีอัตราการไหลของอากาศที่ 7000 cfm ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งที่ 80°F และอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่ 67°F และต้องการที่ให้คอยล์ทำความเย็นและดึงความชื้นออกโดยจ่ายลมเย็นที่ 53°F

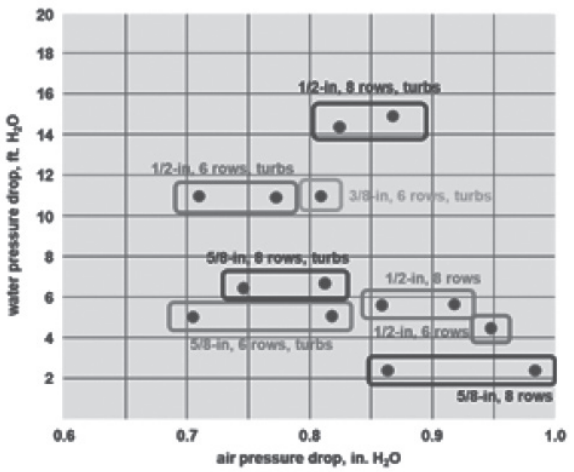
หากเลือกคอยล์น้ำเย็นแบบที่มี fan velocity ไม่เกิน 500 fpm นั้น จะ balance & optimize ระหว่างขนาดของเครื่องส่งลมเย็น การใช้พลังงาน และลดความเสี่ยงที่จะมีละอองน้ำหลุดเข้าไปในระบบ



รูปที่ 3: [บน] อุณหภูมิของน้ำที่เข้าและออกจากคอยล์หากมีอุณหภูมิด้านออกที่ 57°F และความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 15°F [ล่าง] การหา face area ที่ต้องการ

ในการทำ condition ให้ได้ตามที่ออกแบบจึงมีความต้องการในการเลือกคอยล์ที่มี nominal face area ที่ 14 ตารางฟุต ดังที่แสดงการหา face area ในรูปที่ 3 [ล่าง] โดยประสิทธิภาพของคอยล์ที่เลือกนั้นก็จะมีความแตกต่างกันออกไปตามการเลือก ขนาดของท่อ รูปแบบและความถี่ของครีบระบายความร้อน การจัดเรียง circuit และจำนวนแถวของคอยล์น้ำเย็น เป็นต้น แต่หากเราไม่จำกัดขอบเขตอะไรเลยก็จะทำให้ได้

คอยล์น้ำเย็นหลากหลายรายการที่สามารถทำ condition ได้แต่อาจไม่มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานโดยรวมที่ดี หากมีการกำหนดให้ pressure drop ในการไหลของน้ำเย็นไม่เกิน 20 ft wg และ pressure drop ในการไหลของอากาศไม่เกิน 20 ft wg และคอยล์น้ำเย็นต้องน้อยกว่า 10 แถวเพื่อการบำรุงรักษาที่ง่าย จะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4: คอยล์น้ำเย็นที่สามารถทำอุณหภูมิได้ตามต้องการในรูปที่ 3

คอยล์น้ำเย็นที่ขนาด 3/8 นิ้ว นั้นมีความได้เปรียบในเรื่องของราคาท่อที่ถูกแต่ก็มี pressure drop สูงขึ้น ทำให้การใช้พลังงานเครื่องสูบน้ำเพิ่มขึ้นตาม และปัจจุบันมีการทำ turbulators ในท่อเพื่อสร้างความปั่นป่วนของของไหล (Fluid turbulence) ภายในท่อ เป็นผลให้การแลกเปลี่ยนความร้อนดีขึ้น แต่ก็ต้องแลกมากับ pressure drop ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับคอยล์ที่ไม่มี turbulators

โดยในรูปแบบการใช้งานนี้สำหรับความแตกต่างศของอุณหภูมิที่ 15°F จำนวนแถวของคอยล์น้ำเย็นที่ 8 แถว นั้นนอกจากราคาสูงแล้วยังทำให้ความยาวของเครื่องส่งลมเย็นเพิ่มขึ้นอีกด้วย

เมื่อเปรียบเทียบราคากับประสิทธิภาพและการใช้พลังงานโดยรวม

entering water temp, °F	**42**	**42**	**42**
leaving water temp, °F	**57**	**57**	**57**
water ΔT, °F	**15**	**15**	**15**
tube diameter, in.	**3/8**	**1/2**	**1/2**
rows	**6**	**6**	**6**
fin density, fins/ft	**114**	**159**	**124**
fin design	**high cap**	**high cap**	**high eff**
turbulators	**yes**	**no**	**yes**
water flow rate, gpm	**40**	**40**	**40**
water velocity, ft/sec	**2.7**	**2.8**	**2.8**
water pressure drop, ft. H_2O	**11.2**	**4.7**	**11.1**
air pressure drop, in. H_2O	**0.81**	**0.95**	**0.71**

รูปที่ 5: เปรียบเทียบประสิทธภาพของคอยลย์น้ำเย็นที่มีขนาดท่อ ความถี่ของครีบระบายความร้อน กับการใช้ Turbulators โดยที่แต่ละคอยล์ยังสามารถทำอุณหภูมิได้ตามต้องการ

ในรูปที่ 5 Cost of material ของคอยล์เย็นจากต่ำขนาด 3/8 นิ้ว ไปสู่ สูงกว่าทางด้านขวา จะเห็นได้ว่าโดยรวม pressure drop ของน้ำและอากาศจะค่อนข้างสูงถึงแม้ว่าราคาจะต่ำ

ในขนาด ½ นิ้ว จะเห็นได้ว่าการใช้ turbulators นั้นทำให้คอยล์สามารถใช้ ความถี่ของครีบระบายความร้อนลดลง จาก 159 fins per foot ไปที่ 124 fins per foot แทน ทำให้ pressure drop ในการไหลของอากาศลดลง แต่ tabulators ก็เพิ่ม pressure drop สำหรับการไหลของน้ำด้วยเช่นกัน จึงต้องประเมิณสำหรับการเลือกใช้คอยล์น้ำเย็นว่าติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้ระบบโดยรวมแย่ลงหรือไม่เป็นหลักสำหรับการเลือกใช้ turbulators

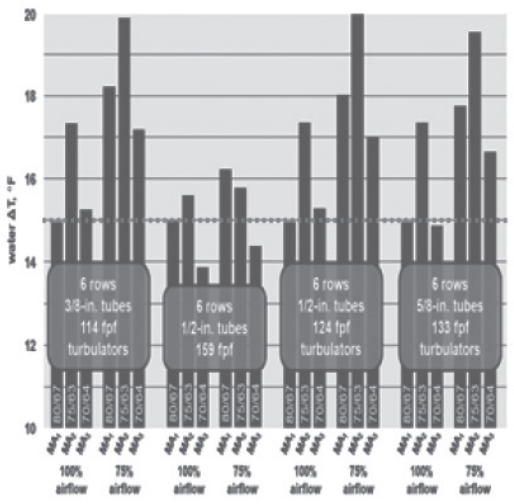
หากมองถึงเงินลงทุนเพียงอย่างเดียวขนาดท่อที่เล็กกว่าก็จะถูกมองเป็นอันดับต้นๆ แต่หากต้องการลด pressure drop และ การใช้พลังงาน ก็ต้องเลือกขนาดท่อที่ใหญ่ขึ้น ถึง 5/8 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 6 แต่หากต้องการมองถึงความสมดุลของเรื่องราคาและพลังงานคอยล์ที่มีท่อขนาด ½ นิ้วก็อาจตอบความต้องการของการใช้งานมากกว่า

entering water temp, °F	42	42	42	42
leaving water temp, °F	57	57	57	57
water ΔT, °F	15	15	15	15
tube diameter, in.	3/8	1/2	1/2	5/8
rows	6	6	6	6
fin density, fins/ft	114	159	124	133
fin design	high cap	high cap	high eff	high eff
turbulators	yes	no	yes	yes
water flow rate, gpm	40	40	40	40
water velocity, ft/sec	2.7	2.8	2.8	2.1
water pressure drop, ft. H_2O	11.2	4.7	11.1	5.2
air pressure drop, in. H_2O	0.81	0.95	0.71	0.71

รูปที่ 6: เพิ่มเปรียบเทียบประสิทธภาพของคอยลย์น้ำเย็นที่มีขนาดท่อ 5/8 นิ้ว

การเปรียบเทียบทั้ง pressure drop ของอากาศน้ำ และราคาของคอยล์น้ำเย็นนี้ ทำให้เห็นว่าการใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 15°F นั้น สามารถส่งผลให้อัตราการไหลลดลง วาล์ว ท่อ และเครื่องสูบน้ำเล็กลง

แต่การเปรียบเทียบในการลดการใช้พลังงานของเครื่องสูบน้ำเย็นสำหรับความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 15°F นี้อาจยังไม่เพียงพอเพราะเป็นการเปรียบเทียบที่ design condition อย่างเดียวซึ่งยังไม่ได้ดูถึงช่วง partload performance ของคอยล์น้ำเย็น เนื่องจากหากความแตกต่างของอุณหภูมิต่ำลงจะทำให้ต้องเพิ่มอัตราการไหลมากขึ้น



รูปที่ 7: เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ partload condition

จากการเปรียบเทียบดังกล่าวสามารถทำให้เห็นได้ว่าคอยล์น้ำเย็นที่ไม่มี turbulators จะส่งผลให้ความแตกต่างของอุณหภูมิลดลง ในช่วง part load ต่ำ แต่คอยล์ที่มี turbulator นั้นมีความแตกต่างของอุณหภูมิใกล้เคียงกันทั้งขนาดท่อ 3/8 และ ½ นิ้ว ในช่วง partload ต่างๆ

หากมองถึงการเลือกคอยล์ที่ มี turbulators ที่สร้างความแตกต่างของอุณหภูมิสูง เช่น 15°F (high delta temperature) นั้นการใช้ turbulators ก็มีส่วนช่วยในการสร้าง turbulence เพื่อเพิ่มการถ่ายเทความร้อน และลดการใช้อัตราการไหลของของไหล ในช่วง part-load conditionsได้ดีเช่นกัน

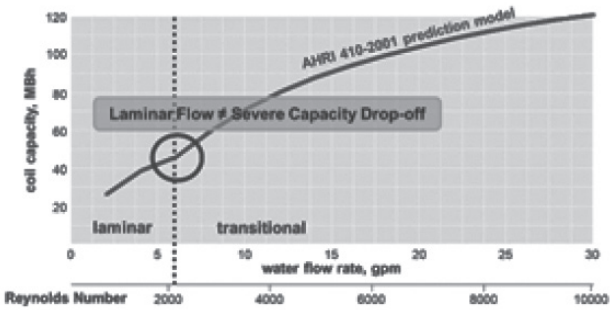
ในอีกหนึ่งตัวแปรสำคัญที่ไม่ควรมองข้ามคือความเร็วของของไหลในท่อ เพราะหากเลือกคอยล์ที่มีความเร็วของของไหลในท่อต่ำไป ก็ส่งผลให้ เกิด fouling ในท่อจากsediment หรือ scaling อากาศติดค้างในท่อ ทำให้ประสิทธิภาพลดลง เกิดเสียงและการสั่นได้ และdistributionของของไหลในคอยล์จะทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของอุณหภูมิขณะออกจากคอยล์ แต่หากเร็วไปก็อาจส่งผลให้เกิด erosion ภายในท่อ โดยเฉพาะส่วนโค้งของท่อ และ pressure drop ที่เพิ่มขึ้น และเสียงตามมา

สำหรับคอยล์น้ำเย็นนั้น มาตรฐาน “AHRI Standard 410 Forced-Circulation Air-Cooling and Air-Heating Coils” อ้างอิงการเลือกความเร็วของน้ำไว้ที่ 1-8 ฟุตต่อวินาทีและสำหรับ glycol นั้นลดลงมาที่ 1-6 ฟุตต่อวินาที ซึ่งทำให้การเลือกคอยล์ที่ช่วงความเร็วนี้สามารถคาดคะเนระหว่างการประเมินประสิทธิภาพของคอยล์เชิงทฤษฎีและประสิทธิภาพจริงของคอยล์จะมีความเบี่ยงเบนน้อย อย่างไรก็ตามการประเมินประสิทธิภาพของคอยล์ที่แม่นยำก็ยังสามารถทำได้นอกเหนือจากช่วงที่กำหนด

ในการเลือกเพื่อประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานอย่างยั่งยืนนั้น ได้มีข้อแนะนำการเลือกช่วงความเร็วที่ 2-4 ฟุตต่อวินาที เพื่อทำให้ขนาดเครื่องส่ง

ลมเย็นและ pressure drop ที่เกิดขึ้นทั้ง น้ำและอากาศ มีความสมดุลย์กัน จึงทำให้ความเร็วของของไหลเป็นตัวแปลสำคัญที่จะวิเคราห์ว่า มีการเกิด turbulence กับความหนาแน่น (density) และความหนืด (viscosity) ของของไหล (fluid) ที่เลือกใช้

แต่หากมีการลดอัตราการไหลต่ำในช่วงที่มีภาระการทำความเย็นน้อยลงจนทำให้ Reynolds Number ซึ่งเป็นผลโดยตรงกับอัตรการไหลนั้น ลดน้อยจนทำให้เกิดการไหลแบบ Laminar flow แทนการไหลแบบ turbulence ก็ได้มีการจำลองประสิทธิภาพของคอยล์เย็นในช่วง laminar นั้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสามารถในการทำความเย็นไม่ได้ลดลงแบบมีอัตราถดถอยเป็น non-linear regression ทีเดียว ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8: กราฟแสดงความสามารถในการทำความเย็นกับอัตราการไหลและ Reynolds Number

อย่างไรก็ตาม ในช่วงที่ใกล้กับ Reynolds Number ที่ 2,000 หรือช่วงการเปลี่ยนรูปแบบของการไหลนั้น ทำให้มีประสิทธิภาพลดลงมากขึ้นแต่ก็ไม่เป็นนัยยะสำคัญเท่าไหร่นัก

สำหรับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากเดิมที่เลือกความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 10°F สามารถเปรียบเทียบได้ดังแสดงในรูปที่ 9

entering water temp, °F	**42**	**42**	**44**
leaving water temp, °F	**57**	**57**	**54**
water ΔT, °F	**15**	**15**	**10**
tube diameter, in.	**1/2**	**1/2**	**1/2**
rows	**6**	**6**	**6**
fin density, fins/ft	**159**	**124**	**127**
fin design	**high cap**	**high eff**	**high cap**
turbulators	**no**	**yes**	**no**
water flow rate, gpm	**40**	**40**	**60**
water velocity, ft/sec	**2.8**	**2.8**	**4.2**
water pressure drop, ft. H_2O	**4.7**	**11.1**	**9.9**
air pressure drop, in. H_2O	**0.95**	**0.71**	**0.82**
Coil	**1**	**2**	**3**

รูปที่ 9: ประสิทธิภาพของคอยล์เย็น ที่ความแตกต่างอุณหภูมิ 10°F และ 15°F

อัตราการไหลของน้ำเย็นต้องเพิ่มมากขึ้นที่ 60 gpm ที่ 10°F Delta T (คอยล์ที่ 3)

แต่หากไม่ได้ใช้ turbulator ที่ 15°F Delta T ก็ทำให้ต้องใช้ครีบระบายความร้อนมากขึ้น (คอยล์ที่ 1) เป็นผลให้ air pressure drop สูงขึ้นตาม จึงต้องนำ turbulatorมาใช้ (คอยล์ที่ 1) ส่งผลให้ air pressure drop ลดลงแต่ก็มีผลทำให้ water pressure drop เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

หลังจากได้ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับ Delta T ระหว่าง 10°F และ 15°F แล้ว อาจมีข้อสงสัยว่าหากส่งน้ำเย็นที่ 45°F และกลับที่ 60°F แทน ก็จะสามารถประหยัดพลังงานกว่าที่ 42°F ได้เพิ่มขึ้นอีก ดังนั้นจึงต้องทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพดังแสดงในรูปที่ 10

entering water temp, °F	**42**	**42**	**45**	**45**
leaving water temp, °F	**57**	**57**	**60**	**60**
water ΔT, °F	**15**	**15**	**15**	**15**
tube diameter, in.	**1/2**	**1/2**	**1/2**	**1/2**
rows	**6**	**6**	**8**	**8**
fin density, fins/ft	**159**	**124**	**153**	**113**
fin design	**high cap**	**high eff**	**high cap**	**high cap**
turbulators	**no**	**yes**	**no**	**yes**
water flow rate, gpm	**40**	**40**	**40**	**40**
water velocity, ft/sec	**2.8**	**2.8**	**2.8**	**2.8**
water pressure drop, ft. H_2O	**4.7**	**11.1**	**5.8**	**15.1**
air pressure drop, in. H_2O	**0.95**	**0.71**	**1.2**	**1.0**

รูปที่ 10: ประสิทธิภาพของคอยล์เย็น ที่ความแตกต่างอุณหภูมิ 15°F โดยอุณหภูมิน้ำเข้า ที่ 42°F และ 45°F และแบบมี turbulators และไม่มี turbulators

จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิเข้า 45°F หากต้องการให้คอยล์ทำอุณหภูมิให้ได้ตาม conditions ที่กำหนด ต้องเพิ่มจำนวนแถวเป็น 8 แถว และต้องเพิ่มความถี่ครีบระบายความร้อนสำหรับท่อที่ไม่มี turbulators ถึง 153 ครีบต่อฟุต แต่หากมี turbulator ก็จะจะทำให้ pressure drop สูงขึ้นมากกว่า คอยล์ที่เลือกใช้อุณหภูมิเข้า 42°F ถึง 4 ft wg. โดยหากต้องการใช้งานที่ 45°F จริง อาจต้องคำนึงถึงการเพิ่มขนาดของเครื่องส่งลมเย็นเพื่อให้ Face area มีขนาดใหญ่ขึ้น และเป็นผลให้การลงทุนโดยรวมเพิ่มขึ้นสูงในเครื่องส่งลมเย็น

ในบางประเทศนั้นมีการใช้งานที่ Delta T 20°F และ 25°F ซึ่งแน่นอนว่าต้องการที่จะใช้พื้นที่สำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อนมากขึ้นและหากจำนวนครีบถี่ขึ้นก็จะสร้าง air pressure drop มากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 11

entering water temp, °F	42	42	40
leaving water temp, °F	57	62	65
water ΔT, °F	15	20	25
tube diameter, in.	1/2	1/2	1/2
rows	6	8	8
fin density, fins/ft	124	114	135
fin design	high eff	high eff	high eff
turbulators	yes	yes	yes
water flow rate, gpm	40	30	24
water velocity, ft/sec	2.8	2.1	1.6
water pressure drop, ft. H_2O	11.1	8.4	5.8
air pressure drop, in. H_2O	0.71	0.88	0.92

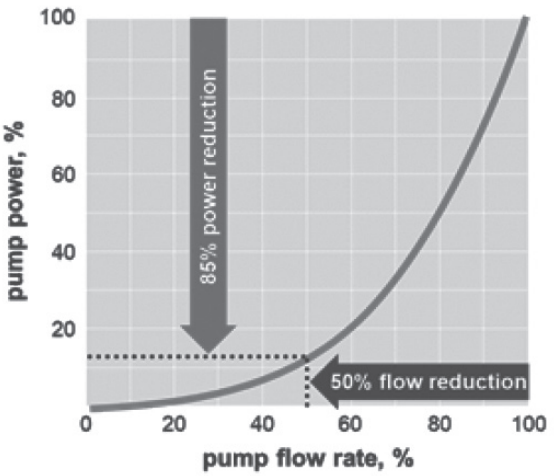
รูปที่ 11: ประสิทธิภาพของคอยล์เย็นที่ความแตกต่างอุณหภูมิ 20°F และ 25°F

ข้อกำหนดของ pressure drop ในฝั่ง airside ที่มีในมาตรฐาน ASHRAE 62.1-2016 ให้ dry-coil pressure drop ที่ 500 fpm ไม่เกิน 0.75 in. H2O โดยสามารถนำคอยล์ที่เลือกไว้มากำหนด conditions ที่เป็น dry coil ได้เพื่อตรวจสอบว่า pressure drop ของคอยล์ที่เลือกมาว่าผ่านข้อกำหนดหรือไม่ดังแสดงในรูปที่ 12

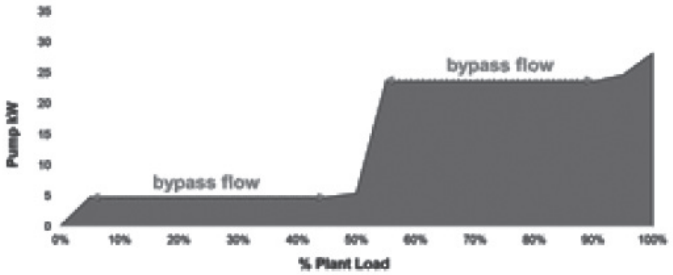
	wet coil	dry coil
coil airflow, cfm	7000	6820
face velocity, fpm	513	500
entering dry bulb, °F	80	80
entering wet bulb, °F	67	55
entering dew point, °F	60	30
leaving dry bulb, °F	53	53
tube diameter, in.	1/2	1/2
rows	6	6
fin density, fins/ft	159	159
fin design	high cap	high cap
turbulators	no	no
air pressure drop, in. H_2O	0.95	0.70

รูปที่ 12: จำลองประสิทธิภาพของ dry coil

หากการเลือกคอยล์ได้ผลลัพย์เป็นที่น่าพอใจแล้ว ส่วนที่เกี่ยวเนื่องจากนี้คือความสามารถในการลดอัตราการไหลของ chiller plant คือ Chiller plant turn down ratio



รูปที่ 13: ความสัมพันธ์ที่ลดลงของพลังงานเครื่องสูบน้ำกับความสามารถในการลดอัตราการไหล



รูปที่ 14: การใช้พลังงานของเครื่องสูบน้ำสำหรับวเคราะห์ chiller plant turndown

ซึ่งหาก chiller plant สามารถลดอัตราการไหลของน้ำ ได้มากก็จะทำให้ประสิทธภาพการใช้พลังงานของการส่งน้ำเย็นลดลงได้มากดังแสดงในรูปที่ 13 ไม่ว่าจะเป็น Variable Primary Flow หรือ Primary/ Secondary หรือ Variable Primary/ Variable Secondary โดยสามารถจำลองการใช้พลังงานของ chiller plant turndown ของอัตราการไหลดังแสดงในรูปที่ 14

สุดท้ายนี้จึงขึ้นอยู่กับแต่ละโครงการว่าจะเลือกใช้ Delta T ที่ 15°F หรือมากกว่า ตามความคุ้มค่าของการลงทุนและประสิทธิภาพของระบบโดยรวมที่ต้องการเพื่อตอบสนองภาระโหลดจริง ทั้งนี้การทำประสิทธิภาพของระบบนั้นไม่ได้จำกัดอยู่ที่ chiller plant อย่างเดียว แล้วหากต้องมองรวมถึงประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ HVAC ในอาคารทั้งหมด