

## Buzlaşma Meydana Gelen Alanlardan Gecen 735 kV luk Bir Hat Üzerine incelemeler\*

Yazan:

**C. M. SEIFERT**

Çeviren:

**Sevinç Uğur TAHAOĞLU**

TEK

### ÖZET

*30 direğin yıkılmasına neden olan 1969 yılın-  
daki -fırtınanın ayrıntılı biçimde incelenmesi,  
«Bulut-Buzlaşması» kuramının ve yeni tasarım  
kabullerinin gerektiğini göstermektedir.*

### SVMMARY

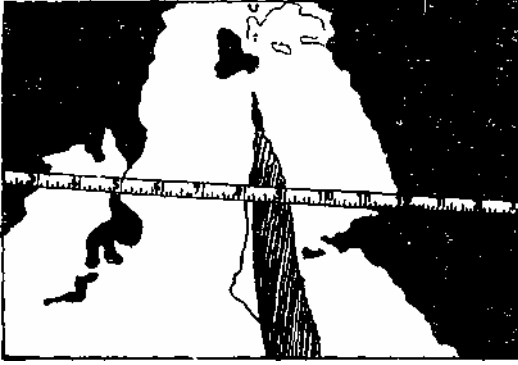
*Extensive study of storm that felled 30 towers  
in 1969 points to cloud-icing theory and new  
design concepts.*

Hydro - Ouebec, geçen kış bir kar fırtına-  
sı sırasında 30 direğin yıkıldığı ve 48 km uzun-

(\*) «Electrical World»un 1 Şubat 1971 tarihli  
sayısındaki ingilizce aslından Türkçe'ye  
çevirilmiştir.

luğundaki bir bölümünde dörtlü demet ilet-  
kenlerin hasar gördüğü Micauo-Laurentides  
Hatmin St. Lawrence Nehrine olan uzaklığından  
kilometrelerce daha uzakta yeni bir gü-  
zergâhtan geçecek öbür 735 kV luk hattının gü-  
zergahını açmaya çalışıyor (Electrical World,

8 Aralık 1969, s. 34). Ayrıca, bu yeni hat'ağır buzlaşmaya neden olduğu sandan bölgelerden geçmemek üzere tasarımılanmış bulunuyor. Bunun yanında, toplam uzunluğu 395 km olan hattın 80 km'lik bir parçası ise daha az bir buzlaşmaya maruz kalacağı yeni bir güzergahtan geçirilmiş, maliyete 1,8 milyon dolar eklenecek iletkenlerin kopma dayanımı 12 tondan 15,4 tona çıkartılmış ve geçen 31 Ekimde de hasarlı hattın onarımı tamamlanmış bulunuyor.



Şekil 1.

Hattın geçeceği bu yeni güzergahın saptanmasında bir kamu kuruluşunun bu işlerle uğraşan bir komitesinin mühendis ve danışmanlarının\* yapmış olduğu yoğun incelemeler esas alındı. Buzlaşma etkisi altındaki alanlar Ouebec City'nin yalnızca 96 km kuzey-doğusundan başlar. Buradan edinilen meteorolojik bilgiler ilk incelendiğinde, şimdiye kadar ciddi bir buzlaşmanın meydana gelmediği görülmüştü. Gazete haberlerinin aksine, kafes direklerin devrildiği dört gün içinde de çok az bir yağış olmuştu. (Maksimum 25,4 mm kadar). Çokçaş kar fırtınasının yaptığı hasarlarda önemli bir unsur olan rüzgar bu durumda dışarıda bırakılmıştı.

Hatta daha da şaşırtıcı olanı, buzun oluşumu ile deniz düzeyinden olan yükseklikler arasında bir ilişkinin bulunmayışydı; 450-1200 m arasındaki yüksekliklerdeki bazı yerlerde, dış çapı 28 mm olan iletken üzerinde, 200-230 mm ye kadar, buz oluşmuştu.

H-Q'in Hava Hatları Araştırma ve Geliştirme Müdürü Jacques Rouleau «Bazı cevaplara, hem de çok acele, ihtiyacımız olduğu açıktır.» demekle durumun olduğundan da kötü görüldüğünü belirterek bu cevaplan elde edebilmek için aralarında meteoroloji uzmanı bir danışmanın da bulunduğu yedi kişilik bir araştırma ekibiyle «Kristal Buz Projesi»ne atıldı.

(\*) Geçen kışın felaketleri üzerinde.

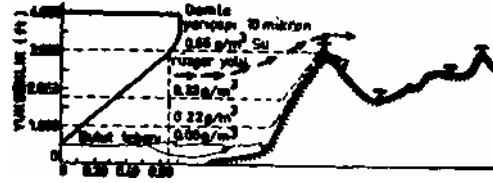
Bu ekibin varacağı hedefler şunlar olacaktı:

1. Uygulamalar sırasında ortaya çıkan eksik taraflarını tamamlamağa çalışarak eldeki «Buz Oluşum Kuramları»nın parametrelerini tahkik etmek; inanılır cevaplar veremeyen eski kuramlar ile hattaki arızayı birbirine bağdaştırmaya çalışmak.

2. Burada hangi tip buzun oluştuğunu kesin olarak belirlemek; Böylece, gelecek için çok ümitli koruyucu tedbirler geliştirilebilmiş olacaktır.

Ekibin başkanı Noel Souchereau'ya göre ilk sıkıntı uygun bir çıkış noktası aranırken doğdu: «Tasarım (dizayn) yeniden gözden geçirildi ve kusursuz bulundu» dedi. «Bu boyutlarda bir buz oluşturmak 25 mm'lik bir yağış için açıkça olanaksızdı. Bunun üzerine bu iut-buzlaşması olanaklarını çıkış noktası olarak almağa karar verdik ve bu noktadan harekete başladık».

Yerinde yapılan araştırmalar sırasında bazı devrilmiş direklerdeki iletkenler üzerinde müthiş «kuş kafes» lerine rastlanınca «bulut-buzlaşması kuramı» önem kazandı. Souchereau, bir klemeste sıkışma diğesinde gevsemeye neden olan iletken burulmalarının bulut-buzlaşmasının bir özelliği olduğunu açıkladı.



SIVI SU MİKTARI! (gr/ltf)

Şekil 2. Bulut buzlaşması kuramına göre rüzgarın sürüklediği bulut içerisindeki nem yüksek yerlerle karşılaşınca yoğunlaşur. Burada, eğer ortamın sıcaklığı donma sıcaklığının altına düşerse, dağ yamaçtan ve açıktaki çelik kafes yapılar üzerinde buz olarak birikir (Şekil 3).



SICAKLIK (C°)

Şekil 3.

VWeather Engineering Corp. of Canada Ltd. den meteoroloji uzmanı Jacques d'Avignon konuya

daha da açıklık getirdi. Geriye doğru, 1889'a kadar, eldeki veri ve meteorolojik haritaları taramak suretiyle 1956 sıralarında birçok güçlüklerle karşılaşılmasına neden olan 14 yıllık bir fırtınayı tesbit etti. 1956 ocağında, Gaspe" Peninsula'da 161 kV luk bir hat üzerinde, 1969 daki son direk yıkılması olayının meydana gelmiş olduğunu ortaya çıkardı. Daha da önemlisi, genellikle Atlas Okyanusu'ndan kopup gelen ve nemli soğuk havayı (bulutu) buradan alıp kıyıda bir doğu, kuzeydoğu veya güneydoğu rüzgarının üzerine getiren bu fırtınaların tüm doğu kıyılarını çok ciddi bir bulut-buzlaşmasıyla tehdit ettiğini bulmayı da başardı.

Ardından, buradaki bulut-buzlaşmasının hangi tipten olduğunun tesbitine sıra geldi. Bu «kırığı» mı yoksa «kristal buz» muydu? Normal koşullar altında inceleme ekibi, açıktaki iletkenlerin rüzgarın geldiği taraftaki yüzü üzerinde görülen klasik tanecikli kümeler biçimindeki birikimlere bakarak, bunun kırığı olduğuna karar vermiş olacaktı. Ancak, o zamanki koşullar normal koşullar değildi. Souchereau bunu o zaman şöyle açıkladı: «Bunun üzerine biz bir seri tahkik yaptık. Tahkiklerimiz 0.9'a yakın bir yoğunluk verdi bize. Bu ise kırığı için çok yüksek bir yoğunluktur». Sonunda kurs «kristal buz»a yüklendi.

Buradaki direk yıkılmalarının nedeni olarak bulut-buzlaşmasının kesinlikle belirlenmesiyle ikinci adım, arızaların neden özellikle hattın bu kısmında meydana geldiğinin eselenip çıkarılması oldu. Bu bölgede yakalanan ilk gerçek ipucu, dağlık yerlerden geçen hattın açıkta akan bir suya doğrudan doğruya baktığının ve St. Lawrence Nehrinin 32 km lik kısmı boyunca da ara yerde hiçbir topoğrafik engelin bulunmadığının görülmesi oldu. Souchereau «kısacası kritik bir unsur olmuş olabilecek birşeyi daha keşfettik» dedi.

Böylece bitki örtüsünün durumu, ilk görüldüğü durumdan çok daha önemli bir ipucu haline geldi. Tam anlamıyla normal şekilde sü-rüp giden bir mevsime karşın, etki altında bulunan topraklardaki ağaçların büyümeyip bodur kalmış olduğu ve ancak bölgenin dışına doğru gidildikçe gelişebildiği ağaçların orta dallan ile yukarı dallarının üst üste gelen buz yükleri altında kırılmış olduğu açıkça görüldü. Diğer yandan, uzun olan alt dallar ise çok az bir buz tahribinin varlığını gösteriyordu.

Bölgenin yambaşında, gene bu açıkta akan suya bakan bir dağ yamacı üzerindeki bitki örtüsü, aşağılarda tam anlamıyla normal, yu kanlara doğru bodur ve sık bir «Ren Yosunu» örtüsüyle kaplı toprağın ağaçları taşımak

için fazlasıyla yeterli durumda olmasına karşın yaklaşık 1220 m yüksekliğindeki zirveye 300 m kala bir yükseklikte ise toprak ağaçsızdı. Daha da garibi, rüzgar almayan tarafta bitki örtüsü normal durumdayken, bu model, belirli sınırlar içinde, üzerine rüzgar gelen taraftaydı.

Daha ileriye götürülen araştırmalar dağ tepelerindeki pek çok orman tipi direğin buz yükü nedeniyle, değişmez bir «yıkılma-yeniden inşa edilme» periyodu içinde sürekli olarak onarıldığını ortaya çıkardı. Bu yüzden, ilk inşa edildiklerinde genellikle 30 m boyunda olan bu direkler yavaş yavaş 14 m ye kadar kısalmıştı. Olanak bulunan yerde yıkılanlardan sağlanan demirlerle direkler yeniden inşa edilmekteydi. 14 m yüksekliğe gelindiğinde ise artık direklerin asla yıkılmadığı çok açık olarak ortadaydı. Burada yapılan araştırmaların direklerin dibinde 38 mm ve 12 m lik düzeyde de 200 mm lik buz birikimi bulunduğunu gösterdiğini belirterek Souchereau «koruyucu bir ağaç örtüsünün, cevabın bir bölümü olduğunu görmek için 'falcının kristal küresine' ihtiyaç yoktur samnm» dedi. Ayrıca çubuk biçiminde bir radyo anteninin rüzgann geldiği taraftaki yüzünde buz oluşmuş, öbür yüzünde ise buz oluşmamıştı.

Diğer taraftan Souchereau, Blanchard dağının 1220 m yükseklikte bir noktasındaki bir yangın kulesinin, çevresindeki bitki örtüsü tam olarak etkilenmemiş olmakla beraber, üç katı buz yüküyle öne doğru eğilmiş bulunduğuna işaret etti. Bu nedenle, bu muhtemel buzlaşma belirtisi, tam olarak güvenilir bir unsur sayılmadı.

Ama gene de, ötedenberi uygulanagelmekte olan enerji iletim tasanmlarının gerisindeki bu düşüncelerin yeniden değerlendirilmesi bakımından bu bulgular, araştırma ekibine yeter görüldü. Hattın güzergahının bir düz çizgi üzerinde bulunmamasındaki ısrar nedendi? Buz oluşumuna karşı çevrenin sağlayacağı doğal korumadan yararlanmak için hattın geçeceği en iyi güzergah neden seçilmemişti? «Esas itibariyle, hat boyundaki ağaçların perdelemesinden ve ağaçların gelen bulut neminin bir kısmını yutmasına olanak vermektan neden yararlanılmamıştır?»

işte hemen hemen tam bu sıralarda, karanın içine doğru 322 km ye kadar etkili olabilen bulut-buzlaşmasının neden olduğu buz birikimi olayı, analizin içine gene girdi. Bu da, cevaplarının bulunması zorunlu olan aşağıdaki iki gurup soruyu ortaya çıkardı:

1. Nem miktarı, bulutun su kaynağından alınıp ötelere sürüklenmesi nedeniyle azalmaktadır;

ancak hangi hızla? Nem miktarı yalnızca azal-  
makta mıdır, yoksa deniz düzeyinden veya top-  
rak düzeyinden olan yükseklikle etkilenmekte  
midir? (H-Q'in direkleri 33,5-45 m arasında bu-  
lunmaktadır).

2. Buzun oluşumu bir «damlacık-rüzgâr hızı»  
kombinasyonuna bağlıdır; ancak bu damlacıklar  
ne büyüklüktedir? Bir dağılım modeli var  
mıdır? Bu model değişir mi; değişirse neden ve  
nasıl?

Bu sorulara cevaplar almak için ekip, karanın  
içine doğru, dağ tepelerindeki sıvı suyun ni-  
teliğini tam olarak incelemeye karar verdi.  
(Souchereau karanın çok içerlerinde, Labra-  
dor'da Wabush yalanında bir tepenin üzerin-  
deki bir direğin yıkılmış olduğunu söyledi.)  
Ekibin ortaya çıkardığı şeyler arasında şunlar  
sayılabilir: Damlacıkların büyüklüğü 8-20 mik-  
ron arasında değişmektedir, önceden seçilen  
bulutlardaki damlacıkların incelenmesi içinde-  
ki 5, 10, 15 mikronluk damlacıklar karışımı he-  
nüz tahkik edilmemiş olmakla beraber bir da-  
ğılım modelinin varlığını ortaya çıkarmakta-  
dır.

'Ouebec City topraklarında kurulmuş-birisi açık  
'sır -yüzeyinden 25 km kadar uzakta ve deniz  
düzeyinin üstünde 1200 m lik bir yükseklikte,  
diğeri 48 km. içerlerde ve 700 'm yükseldikte—  
iki meteoroloji istasyonu bu ve diğer sorulara  
daha iyi cevaplar bulacaktır. Her iki istasyona  
da, buz oluşumu için en kritik dönemler sayı-  
lan ekimden aralık ortasına- ve şubattan nisan  
ortasına kadar olan dönemlerde çalışmak üzere,  
meteoroloji uzmanları yerleştirildi. Bu kimselere  
yalnız başına yaşama koşullarına alışık çok  
tecrübeli teknisyenler yardımcı olarak verildi.

Alışılmış rüzgar ve sıcaklık ölçme aletlerine ila-  
veten her iki istasyonda da, çeşitli yükseklik-  
lerdeki su miktarı ve damlacık büyüklüğünü  
ölçmeye yarayan çok silindirik buz toplayıcıları  
bulunmaktadır. Toplayıcılar farklı çaplara  
sahip altışaruk silindir gurupları halinde ve  
çevresinde kar birikecek şekilde eksenini etra-  
fında dönebilmektedir. Bir kar fırtınası sıra-  
sında silindirler yerinden alınacak; su mikta-  
rım, damlacıkların büyüklük ve dağılımını bul-  
mak için çeşitli zaman aralıklarında tartıla-  
caktır.

Souchereau bu teçhizatın, araştırma kıstasla-  
rım ve arazi gereklerini karşılayacak şekilde,  
H-Q tarafından özel olarak yapılmış olduğunu  
söylemektedir, örneğin silindirler, rüzgarın  
hızını ölçen aletin kepeçlerine gelen rüzgar ta-  
rafından döndürülmektedir. «Her ne kadar bu  
her iki istasyon da 735 kV luk bir hattın al-

tında bulunmaktaysa da, gerçekte personel, in-  
san ayağından son derece uzak bir yerde kamp  
kurmuştur. Bütün ihtiyaçları ancak helikopterle-  
le sağlanabilmektedir» dedi.

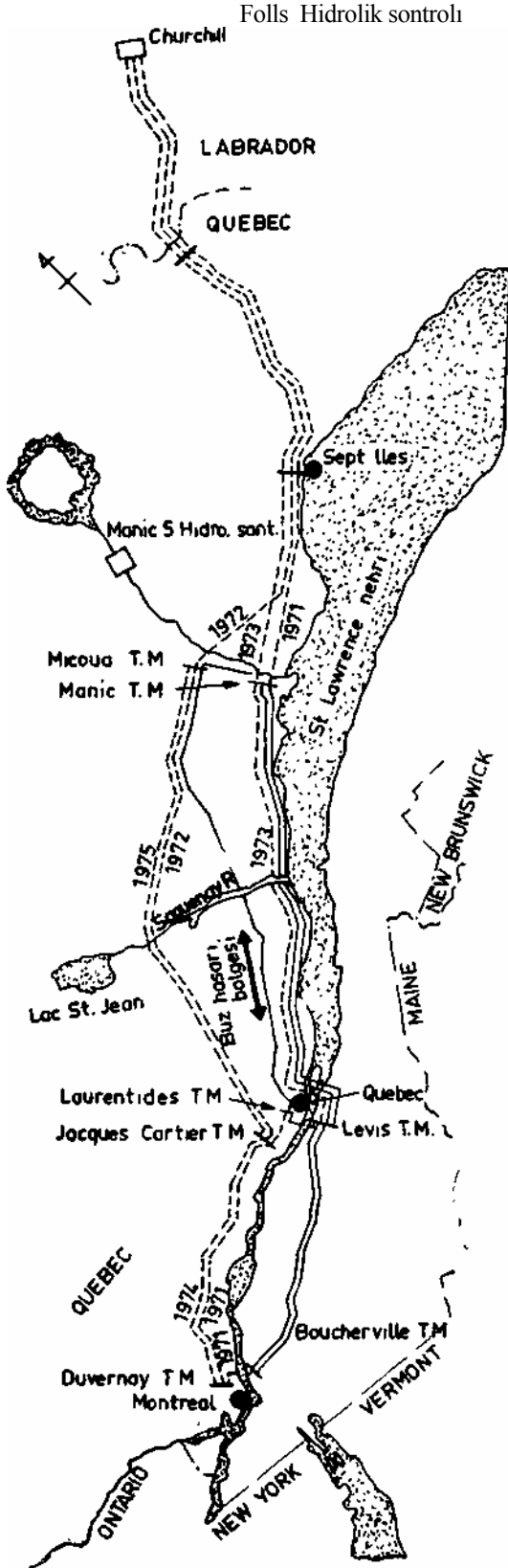
'Bu teçhizatla fırtınalı zamanlarda ölçülen ve-  
riler, bir buluttaki alçak görüş düzeyi ile için-  
deki sıvı haldeki su arasındaki ilgiyi göster-  
mek için, hat üzerinde buzun oluşumuyla ilgili  
fotometrik ölçmeler ve gözlemcilerin gözle  
yaptığı tesbitlerle tamamlanmış olacaktır. Da-  
vignon «Sisin belirtilerini biliyorduk, ama bu-  
lutunkini bilmiyorduk» dedi. «Bunlar arasındaki  
fark damlacığın büyüklüğü ve damlacık da-  
ğılımının şeklidir».

Aynı derecede önemlisi —tamamiyle H-Q'in sis-  
temine uygun bütün bakım ve inşaa ekipleri—  
ısı, rüzgar hızı, rüzgar yönü ve buzun oluşu-  
mu ile ilgili basit ama son derece kıymetli  
gözlem raporlarını verecekler. Bu ekiplerin çı-  
kardığı sonuçların, ölçü aletlerinden okuyacak-  
ları değerler ve buna ek olarak NJH da Wash-  
ington Dağının tepesindeki amerikan meteo-  
roloji istasyonundan sağlanacak değerler ile  
olan karşılıklı ilgisi tesbit edilecektir.

Souchereau, «Bu bize buzlaşma mevsiminin alı-  
şılmamış genişlikte bir spektrumunu verecek-  
tir» dedi. «Ancak bütün cevaplan sağlayacağı  
asla garanti değildir. Bulut-buzlaşması üzeri-  
ne elde edilecek bilgilerin dünyadaki bütün bu  
gibi kuruluşlar arasında alınıp verilmesinin  
tüm enerji iletim endüstrisine yarar sağlaması  
çok olanaklıdır».

Deniz düzeyinden 762-914 m yükseklikteki bu  
"zor koşullar altındaki bölgenin «ancak yan "ya-  
rıya kuzey kutup arazisi gibi sayılabileceğine»  
işaret eden Mühendislik Bölümü Başkam Mar-  
cel Abram'ın sözlerine bakarak, böylesine ağır  
bir buzlaşma, 735 kV luk Micoua-LaurentMes  
hattının tasarımında gözönüne alınmamış bu-  
lunmaktaydı, inşaat yeniden tam bir tasarım  
yapmaya meydan vermeyecek kadar çok ilerle-  
miş olmakla beraber, yapılan yeni incelemeler  
süresince işler durduruldu.

Planlama ve Maliyetler Şubesi Müdürü Ro-  
land Bourgault; «Bu hattaki kafes direklerde,  
bundan önceki hatlardaki direklerde kullanı-  
lan demirden % 15 daha az demir bulunduğuna»  
açıkladı. Ancak, faz-arası açıklık 15,24 m  
den 13,7 m ye' düşürülerek ve bilgi sayarla ya-  
pılan analizin (EW, Mart 30, 1969, sayfa 38) or-  
taya çıkardığı yüksek dayanım alaşımlar kul-  
lanılarak bu sonuca varıldığından, ağırlıktaki  
Du azalmanın direklerin dayanımını düşürme-  
diği farzedilmişti. Fakat bu yeniden yapılan  
inceleme, en kötü koşullara maruz kalan alan-  
lardan kaçınmak için hattın 80 km kadarlık



Şekil 4. Daha az çıplak bir arazi üzerinde yeniden inşa edilen ve Montreal'e kadar

bir bölümünün geçeceği yerlerin yeniden tesbitini ve ilk kullanılan 28 mm 12000 kg kopma dayanımlı iletkenler yerine 30,5 mm ve 15400 kg kopma dayanımlı iletkenlerin konulmasını gerektirdi.

Hattın 80 km nin üstündeki bir bölümünde bu değişikliklerle Micoua-Laurentides hattı geçen 31 Ekimde tamamlandı. Bu yıl Montreal'in güneyinde Duvernay trafo merkezine kadar uzatılmış olacak ve bir 735 kV luk bağlantı hattı ile güney kıyılarındaki Boucherville trafo merkezine bağlanmış olacaktır.

Micoua'dan Montreal'e doğru çekilecek bundan sonraki hat, geçen kışın doğurduğu sıkıntılarının incelenmesiyle elde edilen bilgilerin bir sonucu olacaktır. Bu hat Ağustos 1972 de tamamlanmış olacak ve Micoua'dan Ouebec City'nin batısında yeni Laurentides-Duvernay hattı üzerindeki Jacques Cartier trafo merkezine doğru 430 km uzatılacaktır.

Bu hat, St. Lawrence'den yeteri kadar içerlerde ve Micoua trafo merkezinden başlayarak 80 km lik bir uzunluk için Micoua-Laurentides hattına paralel olacaktır. Fakat daha sonra, ileride bir trafo merkezinin kurulmasının tasarlandığı Lac St. Jean'ın biraz doğusunda Saguenay nehrini atlamak için batıya doğru çıkacaktır. Hattın güzergahı, Lac St. Jean'dan sonra, Jaques Cartier trafo merkezine doğru Laurentides Park'tan geçecektir.

1975 yılıyla birlikte aynı güzergah üzerinde bir ikinci hat daha tamamlanmış olacaktır. Bunun yanında bir üçüncü hat da Manic'den gelip St. Lawrence'i geçerek Ouebec City'nin güneyinde Levis trafo merkezine giden güzergah boyunca tamamlanmış olacaktır. Bu ilaveler, Churchill Falls'dan iki hat yardımıyla Manic'e ve birisi de 1976'da Micoa'ya 5200 mW hk güçü taşımak için, 735 kV taki kapasiteyi yeteri kadar arttıracaktır.

Gelecekteki bu hatların tasarımlarının alçaklarda çap doğrultusunda 12,5 mm ve 900 m lik yüksekliklerde de 75 mm buz toplayacağı kabul edilmiştir. Ayrıca, hattın geçtiği yerler geçen kış karşılaşılan ağır buzlaşma koşullarına en az maruz kalınacak şekilde seçilmiş ve ortalama açıklık da yaklaşık olarak % 20 kadar azaltılmış olacaktır.

**uzatılan hasarlı hat, ilk Manicougan-Outardes sistemini tamamlayacaktır. Bununla beraber Churchill Falls Projesi de 735 kVluk önemli bir hattı buna ekleyecektir.**